Évolution contemporaine des principales caractéristiques dendrométriques des stations du RÉSEF

Mémoire de recherche forestière n° 149
Direction de la recherche forestière
par
Catherine Périé, Rock Ouimet et Louis Duchesne

Québec

Évolution contemporaine des principales caractéristiques dendrométriques des stations du RÉSEF

Mémoire de recherche forestière n° 149

par

Catherine Périé, biol, *Ph. D.*, Rock Ouimet, ing. f., *Ph. D.*
et Louis Duchesne, ing. f., M. Sc.

Gouvernement du Québec
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Direction de la recherche forestière
2006

Mandat de la DRF

Le mandat de la Direction de la recherche forestière (DRF) au sein du ministère des Ressources naturelles et de la Faune (MRNF) est de participer activement à l'amélioration de la pratique forestière au Québec. La concrétisation de ce mandat passe par la réalisation de travaux, principalement à long terme et d'envergure provinciale, lesquels intègrent à la fois des préoccupations de recherche fondamentale et de recherche appliquée.

Elle subventionne aussi des recherches universitaires à court ou à moyen terme. Ces recherches, importantes pour le Ministère, sont complémentaires aux travaux de la DRF ou réalisées dans des créneaux où elle ne peut s'impliquer.

Elle contribue à la diffusion de nouvelles connaissances, d'avis et de conseils scientifiques.

Les mémoires de recherche forestière de la DRF

Depuis 1970, chacun des Mémoires de recherche forestière de la DRF est révisé par un comité ad hoc formé d'au moins trois experts indépendants. Cette publication est produite et diffusée à même les budgets de recherche et de développement, comme autant d'étapes essentielles à la réalisation d'un projet ou d'une expérience. Ce document à tirage limité est également disponible dans notre site Internet en format pdf.

Vous pouvez adresser vos demandes à :
Ministère des Ressources naturelles et de la Faune
Direction de la recherche forestière
2700, rue Einstein
Québec (Québec) Canada G1P 3W8
Courriel : recherche.forestiere@mrnf.gouv.qc.ca
Internet : www.mrnf.gouv.qc.ca/forets/connaissances/recherche

© Gouvernement du Québec
On peut citer ce texte en indiquant la référence.

ISBN-10 : 2-550-48118-6
ISBN-13 : 978-2-550-48118-8
ISBN-10 (PDF) : 2-550-48119-4
ISBN-13 (PDF) : 978-2-550-48119-5
F.D.C. SD 387.586
L.C. 101
2006-3013

Notes biographiques

Catherine Périé a obtenu une maîtrise de physiologie végétale à l'Université Paul Sabatier, France en 1993. Elle a poursuivi ses études à l'École Nationale Supérieure d'Agronomie de Toulouse où, en 1994, elle a obtenu un diplôme d'études supérieures approfondies. En 2003, l'Université Laval lui décernait un doctorat en sciences forestières. Depuis 2001, elle est à l'emploi de la Direction de la recherche forestière à titre de chercheuse. Ses travaux portent sur le suivi des écosystèmes forestiers naturels au Québec et sur l'impact de l'éclaircie précommerciale sur la diversité végétale et la fertilité des sols.

Rock Ouimet est ingénieur forestier, diplômé de l'Université Laval depuis 1983. En 1986, l'Université du Nouveau-Brunswick lui décerne un diplôme de maîtrise ès sciences et, en 1995, il obtient le grade de Philosophiae Doctor de l'Université Laval. Depuis 1989, il travaille à la Direction de la recherche forestière à titre de chercheur. Il a participé à la réalisation du programme fédéral-provincial de lutte contre le dépérissement (1989-1993), et a effectué des projets de recherche sur la nutrition et la santé des érablières. Il est en charge depuis 1994 du Réseau d'étude et de surveillance des écosystèmes forestiers au Québec et participe à l'étude du cycle biogéochimique des trois bassins versants expérimentaux. Spécialisé en pédologie forestière, il travaille également à évaluer les charges critiques en acidité des sols forestiers en relation avec l'exploitation forestière, les changements climatiques et les polluants transportés à grande distance.

Louis Duchesne est ingénieur forestier, diplômé de l'Université Laval depuis 1995. En 1999, le même établissement lui décerne le diplôme de maître ès sciences. Depuis 1995, il est à l'emploi de la Direction de la recherche forestière à titre de chercheur. Il travaille au sein de l'équipe de recherche sur les écosystèmes et l'environnement.

Remerciements

De nombreux intervenants ont collaboré à la mise sur pied du Réseau d'étude et de surveillance des écosystèmes forestiers (RÉSEF) et à son exploitation. Nos remerciements s'adressent d'abord à plusieurs chefs d'unité de gestion du ministère des Ressources naturelles et de la Faune pour leur collaboration dans le choix des places d'étude et leur protection. Nous remercions aussi les organismes suivants de nous avoir permis d'installer et de suivre des places d'étude sur leur territoire : la compagnie Domtar, la Direction générale du développement durable du ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs (MDDEP), les directions des parcs du Mont-Orford, de la Gaspésie et du Saguenay, l'Université Laval, M. James Clubb et la Commission de la Capitale nationale du Canada. Nous remercions aussi la Société des établissements de plein air du Québec pour sa collaboration.

La Direction du suivi de l'état de l'environnement du MDDEP est un partenaire important dans ce projet par son implication dans la collecte et l'analyse des données climatiques et de la qualité de l'air ambiant. Nous témoignons notre reconnaissance à nos collègues qui ont initié ce projet, MM. Gagnon et Gravel ainsi qu'à nos dévoués collaborateurs qui exécutent aujourd'hui les travaux sur le terrain et la saisie des données, MM. Benoît Toussaint et Jacques Martineau, et aux nombreux étudiants. Nous remercions également M^{me} Hélène d'Avignon pour son aide à la rédaction, M^{me} Sylvie Bourassa pour la révision du texte, M^{me} Maripierre Jalbert pour la mise en page de cet ouvrage ainsi que M. Pierre Bélanger pour son édition. Finalement, nos sincères remerciements aux trois réviseurs qui ont accepté de faire la critique scientifique du document avant sa publication.

Résumé

Introduction

Le suivi intensif des stations du Réseau d'étude et de surveillance des écosystèmes forestiers (RÉSEF) a débuté en 1986, à la suite de l'observation du phénomène de dépérissement dans de nombreuses érablières au Québec. Le réseau, actuellement constitué de 31 stations, s'étend sur cinq des huit domaines écologiques forestiers du Québec. Les observations effectuées dans chacune des 31 stations du réseau ont pour objectif de caractériser les principales composantes de l'écosystème (sol – végétation – atmosphère), de suivre leur évolution et de documenter les liens fonctionnels qui existent entre elles.

Ce mémoire illustre jusqu'à vingt ans de suivi des caractéristiques dendrométriques des stations du RÉSEF. Leurs principales mesures dendrométriques sont présentées en détails dans les fiches signalétiques de l'annexe 1 et sont regroupées dans les tableaux 8A et 8B.

Méthodes

Tous les cinq ans, les caractéristiques dendrométriques des tiges qui ont un diamètre à hauteur de poitrine d'au moins 1,1 cm sont mesurées : i) statut social (ou étage), ii) état de chaque tige (vivant ou mort), iii) hauteur totale, iv) diamètre à hauteur de poitrine (1,3 m du sol). Le nombre de campagnes de mesures varie d'une station à l'autre, dépendant de l'année d'installation de chacune. La première station a été installée en 1986 et les deux dernières en 2000. Ainsi, dix-neuf des trente et une stations ont été mesurées quatre fois, huit l'ont été trois fois, deux, deux fois et deux, une seule fois. Les résultats présentés concernent l'ensemble des campagnes de mesures jusqu'en 2004 et représentent donc des données qui peuvent couvrir jusqu'à quinze ans.

Composition et structure des peuplements

Treize des trente et un peuplements du RÉSEF ont un type de couvert résineux, un a un type de couvert mélangé et les dix-sept autres ont un type de couvert feuillu. Toutes les stations feuillues ont l'érable à sucre comme essence principale, tandis que les stations résineuses peuvent avoir l'épinette noire (8 stations), le sapin baumier (4 stations) ou l'épinette rouge (1 station) comme essence principale. Dans 21 des 31 stations, la surface terrière de l'essence principale représente plus de 75 % de la surface terrière totale du peuplement, faisant de ces peuplements des peuplements purs. La plupart des peuplements non résineux sont plus diversifiés en essences susceptibles d'atteindre la strate arborescente (4 espèces de plus en moyenne) que les peuplements résineux. Les peuplements résineux sont généralement plus jeunes que les peuplements non résineux. Dans les érablières, on note une importante augmentation de la représentativité relative du hêtre à grandes feuilles, augmentation de la représentativité qui, dans les érablières dépérissantes, se fait au détriment de celle de l'érable à sucre. Dans les pessières, on remarque une diminution de la représentativité de l'épinette au profit de celle du sapin baumier. Il semblerait donc qu'il y ait un certain « ensapinage » des pessières du RÉSEF. Ces deux phénomènes, envahissement des érablières dépérissantes par le hêtre à grandes feuilles et ensapinage des pessières sont deux des dix enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière au Québec.

Lors de l'installation des stations, la majorité des peuplements du réseau avaient une structure d'âges inéquienne (19 stations). D'autre part, près de 80 % des peuplements avaient une structure diamétrale irrégulière, la plus courante étant la structure en « J inversé » (9 stations).

IQS

L'indice de qualité des stations a été utilisé autant pour les peuplements résineux que les peuplements feuillus même si l'on sait que la notion d'IQS dans les peuplements feuillus est peu utilisée. L'IQS nous a permis d'évaluer le niveau de fertilité de chaque station du RÉSEF. Le niveau de fertilité des stations, indiqué par l'indice de qualité de station (IQS; hauteur à 50 ans) est globalement bon à moyen. Seule la station mixte semble avoir un IQS médiocre (8 m à 50 ans).

Productivité

La productivité des peuplements a été évaluée à partir des accroissements annuels périodiques en

volume et en surface terrière. Lorsque l'on tient compte de l'ensemble de la période séparant l'installation de chaque station de leur dernier mesurage (période qui varie selon les stations de 0 à 20 ans) l'accroissement annuel périodique varie de 3 à 7,5 m^3/ha/an : 10 % des stations ont un accroissement annuel périodique négatif tandis qu'à l'opposé 20 % d'entre elles ont un accroissement annuel périodique supérieur à 5,5 m^3/ha/an. L'accroissement annuel périodique des stations feuillues varie de 3 à 5,5 m^3/ha/an et celui des stations résineuses varie de 0 à 7,5 m^3/ha/an. Les volumes vivants sur pied lors de l'installation des stations varient de 79 à 368 m^3/ha.

Conclusion et recommandations

L'information recueillie par les activités de suivi du RÉSEF et les analyses préliminaires ont permis de documenter l'aspect dendrométrique de la composante végétation de 31 stations du réseau, de suivre dans le temps l'évolution de leurs caractéristiques dendrométriques et de préciser l'influence que certaines perturbations comme la défoliation par les insectes, le verglas ou encore le dépérissement des érablières peuvent avoir sur la dynamique de ces peuplements. L'identification de problématiques spécifiques permet de cibler les travaux de recherche et d'acquisition de connaissances à entreprendre afin de préciser les phénomènes à une échelle appropriée (sous-domaine bioclimatique, unité d'aménagement forestier, type écologique, etc.).

À notre connaissance, cette étude est la première du genre au Québec à documenter la dynamique à court terme (au maximum quinze ans) de divers peuplements forestiers à l'aide de mesures répétées de parcelles de grandes dimensions (0,25 ha pour les peuplements résineux, 0,5 ha pour les peuplements de feuillus) et de peuplements seulement régis par des perturbations naturelles (épidémies d'insectes, maladies, feux, etc.) ou liées à la résultante des activités humaines (réchauffement climatique, pollution atmosphérique).

En moins de vingt ans, et en absence d'opérations sylvicoles, les peuplements peuvent changer de façon marquée autant au niveau de leur composition végétale que de leurs structures. Ces changements de composition peuvent même avoir entraîné, dans certains cas, un changement d'appellation des peuplements. Ces résultats montrent que les trajectoires d'évolution de ces peuplements affichent un fort dynamisme ce qui confirme l'importance d'actualiser régulièrement l'information issue des inventaires forestiers et celle nécessaire aux modèles prévisionnels utilisés lors de la planification forestière.

Bien que l'on ne puisse généraliser les résultats obtenus à l'aide des stations du RESEF à une échelle plus vaste comme celle des unités d'aménagement ou des sous-domaines bioclimatiques, le RESEF est un outil qui permet d'identifier rapidement des problématiques forestières et de préciser les mécanismes et processus qui les régissent. Afin d'améliorer la représentativité du réseau au sein de la forêt commerciale, nous recommandons l'installation, dans un proche avenir, de nouvelles stations d'étude et de suivi dans les domaines bioclimatiques les moins bien représentés et dans lesquels il s'effectue le plus d'opérations forestières, comme celui de la pessière à mousses où il n'y a actuellement que quatre stations. Il faudrait également augmenter le nombre de stations dans la forêt mélangée (une seule station dans le RESEF actuellement) car c'est sûrement l'un des écosystèmes les plus diversifiés de la forêt tempérée nordique, mais aussi, parce qu'il s'agit d'un écotone, probablement l'un des plus affectés par les changements climatiques. En outre, pour l'intérêt écologique qu'ils peuvent présenter, il serait également intéressant d'étendre le RÉSEF aux trois domaines actuellement non représentés dans le réseau que sont l'érablière à caryer cordiforme, la pessière noire à lichens et la toundra forestière.

Abstract

Introduction

*Intensive monitoring of the Québec Forest Ecosystem Study and Monitoring Network (*RÉSEF: Réseau québécois d'étude et de surveillance des écosystèmes forestiers*) began in 1986, after the maple dieback phenomenon was observed in many stands throughout Québec. The network, now consisting of 31 sites, has plots in five of the eight forest ecology domains in the province. Observations at each of the sites characterize the principal components of the ecosystem (soil, vegetation, atmosphere), monitor how they change and document the functional links that exist among them.*

This paper illustrates up to 20 years of monitoring forest mensuration characteristics of the RÉSEF *sites. The main forest mensuration measurements are presented in detail in the individual sections in Chapter 4, and are grouped in Tables 8A and 8B.*

Methods

Every five years, the forest mensuration characteristics of stems having a diameter-at-breast-height of at least 1.1 cm are measured for: i) social status (or story), ii) stem condition (living or dead), iii) total height, and iv) diameter-at-breast-height (1.3 m from the soil). The first plot was established in 1986 and the last two in 2000. Thus, 19 of the 31 plots have been measured four times, eight have been measured three times, two of them twice and two only once. The results presented are a combination of all measurements up to 2004, and therefore represent data that can cover up to 15 years.

Stand composition and structure

Thirteen of the 31 stands in the RÉSEF *network are classified as softwood cover types, one is a mixedwood cover type and the 17 others are hardwoods. Sugar maple is the principal species on all hardwood sites, whereas the softwood sites are dominated by either black spruce (8 sites), balsam fir (4 sites) or red spruce (1 site). In 21 of the 31 sites, the basal area of the principal species represents more than 75% of stand total basal area, making them pure stands. Most of the non-softwood stands are more diverse in species that are likely to reach the tree stage (on average, more than four species) than are softwood stands. Softwood stands are generally younger than are non-softwood stands. In maple stands there is a large increase in the relative representation of American beech, which, in maple stands affected by dieback is occurring to the detriment of sugar maple. In spruce stands, there is a decrease in spruce in favour of balsam fir. It would therefore seem that the* RÉSEF *spruce types are converting to balsam fir. These two phenomena, the invasion of dying-back maple stands by beech and the conversion of spruce stands to balsam fir are two out of ten biodiversity issues that relate to forest composition in Québec.*

When the sites were being established, most stands in the network had an uneven-age stand structure (19 sites). Also, almost 80% of the stands had an uneven diameter structure, the most common being an inverse J structure (9 sites).

Site index

Site index was used for both softwood and hardwood stands, even though we know that the concept of SI is rarely used in hardwood stands. The SI allowed us to evaluate the level of fertility of each RÉSEF *site. The fertility level of sites, indicated by the site index (SI; height at 50 years) is good to medium overall. Only the mixedwood site seems to have a mediocre SI (8 m at 50 years).*

Productivity

Stand productivity was evaluated using the growth in periodic annual volume and in basal area. When the entire period separating the establishment of each site from the latest measurement is evaluated (a period that varies from 0 to 20 years, depending on the site), the periodic annual growth varies from -3 to 7.5 m^3/ha/y: 10% of the sites have a negative periodic annual growth, whereas 20% of them have a periodic annual growth superior to 5.5 m^3/ha/y. The periodic annual growth of hardwood sites varies from -3 to 5.5 m^3/ha/y, and for softwood stands it varies from 0 to 7.5 m^3/ha/y. Standing live volume at the time of plot establishment varies from 79 to 368 m^3/ha/y.

Conclusion and recommendations

The information and preliminary analyses that result from monitoring the RÉSEF *network reflect the current dynamics over approximately a 20-year period for the 31 forest stands in the network; they specify the influence of certain perturbations, such as insect defoliation, freezing rain or maple dieback on these dynamics. The data were key to identifying a rapid change in forest composition (in less than 20 years), especially in dying-back maple stands and in maple stands that experienced the 1998 ice storm, but also in the network's spruce stands. Soil and leaf chemistry data, which will be the subject of another document, will certainly help to better explain the differences in growth observed among stands.*

The RÉSEF *sites will assist in revealing rapid changes in ecosystem function, and in identifying environmental issues that may merit more attention. By identifying specific problems, we will be able to target research efforts and acquire knowledge that can identify phenomena at an appropriate scale (ecological sub-domain, forest management unit, ecological type, etc.). Historically, the observation of certain environmental issues, revealed thanks to* RÉSEF *monitoring, launched new information-gathering initiatives, especially related to determining the range of dieback phenomena and the palliative approaches available to forest managers to counter the phenomenon.*

The data could no doubt contribute substantially to the development of knowledge and forecasting tools useful in forest management. The 31-plot network covers five of the eight forest ecology domains in Québec. The domains of sugar maple/bitternut hickory, black spruce/lichen and the forested tundra are not represented in the network. In the near future it may be of interest to establish plots in the black spruce/lichen domain because of its importance to Québec's forests, since it alone represents more than 20% of the province's forested territory, but especially because it is undoubtedly one of the ecological domains that is most vulnerable to climate change. The same is true for the mixedwood forest, which is currently very under represented in the network, with only one of the 31 sites belonging to the mixedwood cover type.

Table des matières

page

Remerciements ... iii

Résumé ... v

Abstract ... vii

Liste des tableaux et des annexes ... xi

Liste des figures ... xiii

Introduction ... 1

Chapitre premier – Le RÉSEF ... 3
1.1 Le RÉSEF : complémentaire des autres réseaux d'inventaire forestier ... 3
1.2 Le RÉSEF : utile aux aménagistes forestiers ... 5
1.3 Le RÉSEF : ses objectifs ... 5
1.4 Le RÉSEF : sa gestion et son administration ... 5
1.5 Critères de sélection des stations ... 6
1.6 Le RÉSEF : la situation des stations ... 6
1.6.1 Géographique ... 6
1.6.2 Au sein du système de classification bioclimatique du MRNF ... 6

Chapitre deux – Méthode ... 13
2.1 Description des places d'étude ... 13
2.2 Méthode de prises de données ... 15
2.2.1 Paramètres de croissance : données mesurées sur le terrain ... 15
2.2.1.1 Positionnement ... 15
2.2.1.2 Identification de l'espèce et du statut social des tiges ... 15
2.2.1.3 Détermination de l'état des tiges ... 15
2.2.1.4 Diamètre à hauteur de poitrine et hauteur ... 16
2.2.1.5 Dénombrement ou recouvrement des individus non positionnés ... 16
2.2.2 Données mesurées en laboratoire ... 16

Chapitre trois – Principales caractéristiques dendrométriques des stations ... 17
3.1 Composition spécifique ... 17
3.1.1 Évolution de la composition végétale du couvert ... 17
3.1.2 Évolution de la représentativité de chaque espèce ... 20
3.2 Structures des peuplements ... 23
3.2.1 Structure d'âges des peuplements ... 23
3.2.2 Structures diamétrales des peuplements ... 23
3.2.2.1 Structures diamétrales des stations résineuses ... 25
3.2.2.2 Structures diamétrales des stations feuillues et de la station mélangée ... 25
3.2.3 Structures verticales des peuplements ... 29
3.2.3.1 Lors de l'installation des stations ... 29
3.2.3.2 Changements de structure verticale observés entre l'installation des stations et leur dernier mesurage ... 33

page

3.3 Densité des peuplements ... 35
3.3.1 Densité des peuplements résineux ... 35
3.3.2 Densité des peuplements feuillus et du peuplement mixte ... 35
3.3.3 Facteur d'élancement : H/d ... 36
3.4 Productivité des peuplements du RÉSEF ... 37
3.4.1 L'indice de qualité de station des 31 peuplement du RÉSEF ... 37
3.4.2 Le volume marchand brut et l'accroissement annuel périodique (AAP) en volume ... 39

Conclusion et recommandations ... 41

Références bibliographiques ... 43

Liste des tableaux et des annexes

page

Tableau 1. Position du RÉSEF au sein des principaux réseaux d'inventaire forestiers du MRNF 4

Tableau 2. Principales caractéristiques environnementales des stations du RÉSEF 8

Tableau 3. Principales caractéristiques climatiques des stations du RÉSEF 10

Tableau 4. Liste des paramètres suivis et des variables mesurées dans le RÉSEF et dans le réseau météorologique REMPAFAQ 14

Tableau 5. Variables mesurées par strate d'espèce ligneuse dans les places d'étude du RÉSEF 14

Tableau 6. Distribution des dix-sept peuplements feuillus du RÉSEF en fonction des groupements d'essences 19

Tableau 7. Distribution des treize peuplements résineux du RÉSEF en fonction des groupements d'essences 19

Tableau 8A. Principales caractéristiques dendrométriques des 31 peuplements du réseau RÉSEF 24

Tableau 8B. Principales caractéristiques dendrométriques des 31 peuplements du réseau RÉSEF 32

Annexe 1. Fiches signalétiques de chaque station du RÉSEF 45

Annexe 2. Liste des essences potentiellement arborescentes recensées dans le RÉSEF 141

Annexe 3. Calcul de l'indice de représentativité R 143

Annexe 4. Signification des codes utilisés pour définir la variable appelée « code cartographique » dans les fiches signalétiques 145

Liste des figures

page

Figure 1. Localisation des 31 stations du RÉSEF. .. 7

Figure 2. Plan d'une place d'étude de peuplement feuillu du RÉSEF. .. 13

Figure 3. Surface terrière de l'essence principale et de l'essence secondaire exprimée en pourcentage de la surface terrière totale du peuplement pour l'année d'installation des 31 stations. .. 17

Figure 4. Évolution de la surface terrière de l'essence principale et de l'essence secondaire au cours des différents mesurages. .. 18

Figure 5. Répartition des 31 stations du RÉSEF en fonction du nombre d'espèces susceptibles d'atteindre la strate arborescente a) lors de l'installation des stations, b) lors du dernier mesurage. .. 20

Figure 6. Représentativité relative des six espèces les mieux représentées dans le RÉSEF. .. 21

Figure 7. Valeurs moyennes des indices de structures en fonction des différents types de structures identifiés pour les peuplements résineux. .. 26

Figure 8. Distributions diamétrales des dix-sept peuplements feuillus observées lors de leur installation. .. 27

Figure 9. Distributions diamétrales des dix-sept peuplements feuillus observées lors de leur dernier mesurage. .. 28

Figure 10. Structure verticale des 31 stations du RÉSEF par rapport à leur densité (A) et leur surface terrière (B). .. 30

Figure 11. Structures verticales moyennes des peuplements résineux en fonction du nombre de tiges à l'hectare (A) et de la surface terrière (B). .. 31

Figure 12. Structures verticales moyennes des peuplements non résineux en fonction du nombre de tiges à l'hectare (A) et de surface terrière (B). .. 31

Figure 13. Nombre de tiges à l'hectare dénombrées lors de l'installation des 31 stations du RÉSEF. .. 34

page

Figure 14. Nombre de tiges à l'hectare dénombrées lors du dernier mesurage des 31 stations du RÉSEF. .. 34

Figure 15. Facteur d'élancement (H/d) des dix-huit stations non résineuses du RÉSEF (A) et des treize stations résineuses du RÉSEF (B) mesuré lors de leur installation et lors de leur dernier mesurage. .. 36

Figure 16. Répartition des 31 stations du RÉSEF en fonction de leur classe d'IQS. .. 37

Figure 17. Volume vivant total des 31 peuplements du RÉSEF mesuré lors du dernier mesurage. .. 38

Figure 18. Accroissement annuel périodique en volume des 31 stations du RÉSEF. .. 38

Introduction

D'abord installé uniquement dans des érablières, ce réseau s'étend progressivement aux autres écosystèmes typiques de la forêt québécoise commerciale. Le RÉSEF compte aujourd'hui trente et une stations en opération : dix-sept sont des érablières, une est une station mélangée (bétulaie à sapin), huit sont des pessières et cinq sont des sapinières. Les principaux objectifs de ce réseau sont la caractérisation des composantes sol – végétation – atmosphère de l'écosystème, le suivi de leur évolution et la compréhension des liens fonctionnels qui existent entre les composantes. Pour cela, de nombreux paramètres descriptifs du fonctionnement des peuplements forestiers font l'objet d'un suivi régulier. Ainsi, les observations réalisées dans les stations visent à quantifier la productivité des peuplements, mais également les principaux facteurs qui conditionnent leur croissance comme les caractéristiques édaphiques des stations, la structure des peuplements, la qualité des apports atmosphériques et le climat.

Les objectifs de ce mémoire sont de dresser le portrait des caractéristiques dendrométriques des 31 stations lors de leur installation et de quantifier leur évolution depuis lors. Dix-neuf des trente et une stations ont en effet été mesurées quatre fois, huit l'ont été trois fois, deux, deux fois et deux, une seule fois; la période de suivi varie donc de cinq à quinze ans.

Outre l'introduction, ce mémoire se compose de trois chapitres. Le premier est consacré au positionnement du RÉSEF par rapport aux autres réseaux d'inventaire forestier au Québec mais également au sein du système hiérarchique de la classification écologique québécoise. Les méthodes de mesures des diverses variables qui définissent les paramètres de croissance font l'objet du deuxième chapitre. Le troisième chapitre présente la synthèse de la croissance tirée de l'analyse des 31 stations. L'annexe 1 comprend la description des trois caractéristiques des peuplements étudiés (composition, structure et croissance et productivité) et des relevés des campagnes de mesures, résultats synthétisés en trois pages dans une fiche signalétique pour chaque station.

Chapitre premier

Le RÉSEF

Établi progressivement depuis la fin des années 1980, le RÉSEF est actuellement le seul réseau forestier de suivi intensif (mesurage quinquennal des caractéristiques dendrométriques, mesurage quotidien des caractéristiques atmosphériques, mesurage décennal des caractéristiques du sol), provincial, en activité au Canada. D'autres réseaux existent un peu partout dans le monde comme par exemple le réseau américain appelé *Long Term Ecological Research*[1] ou le réseau européen ICP-Forêts[2]. De tels réseaux reçoivent de plus en plus d'attention de la part d'organismes à vocation non forestière, à cause de la ratification de la Convention cadre sur les changements climatiques ou de la Convention internationale sur la diversité biologique.

1.1 Le RÉSEF : complémentaire des autres réseaux d'inventaire forestier

Au Québec, l'élaboration de politiques rationnelles pour atteindre l'aménagement durable des forêts et, sur un plan plus général, pour préserver la qualité de l'environnement forestier requiert autant l'évaluation du rendement en volume des forêts que celle des processus qui régissent leur santé et leur vigueur. Procéder à de telles évaluations pour un territoire forestier aussi grand que le Québec ne peut économiquement être réalisable que par la mise en place de réseaux d'inventaires et de surveillance.

En quelques décennies, le MRNF a donc progressivement mis en place une série de réseaux d'inventaires. Chacun a des objectifs qui lui sont propres et tous ces réseaux sont complémentaires (Tableau 1). Le RÉSEF est l'un d'entre eux. Ce n'est certes pas le réseau le plus étendu avec seulement 31 stations d'observation, mais c'est celui qui prend le plus de données sur un même site, des données qui caractérisent autant la station (propriétés physico-chimiques des sols par exemple) que le peuplement en croissance (caractéristiques dendrométriques par exemple). Ce qui distingue le RÉSEF des autres réseaux est, d'une part, l'intensité de suivi des processus dans les écosystèmes comme le font les dispositifs de recherche et, d'autre part, sa programmation pour le long terme comme les réseaux extensifs d'inventaires. Le RÉSEF, de par l'intensité de son suivi, permet de détecter les changements qui peuvent survenir dans la dynamique contemporaine des peuplements. Il ne permet cependant pas, de par sa taille, de généraliser les phénomènes qui y sont observés à l'ensemble de la forêt. Pour ce faire, l'information provenant d'autres réseaux plus étendus doit être utilisée.

Le RÉSEF n'a pas seulement été établi dans un but de complémentarité par rapport aux réseaux déjà existants. Les premières stations avaient d'abord été implantées dans des peuplements d'érablières touchés par le dépérissement dans les années 1980 dans le but d'en déterminer les causes. Dans le contexte scientifique international, cette époque correspond aussi à l'émergence, dans la communauté scientifique, de l'idée selon laquelle il fallait se doter d'une vision basée sur la compréhension du fonctionnement de l'écosystème forêt si l'on voulait aussi en arriver à comprendre comment les polluants atmosphériques et les autres facteurs d'agression biotiques et abiotiques perturbaient la santé des forêts. Dans cette vision « écosystémique », la forêt est représentée comme un système doté de composantes qui sont en relation constante les unes avec les autres. Le MRNF, avec la collaboration du ministère de l'Environnement, du Développement durable et des Parcs ainsi que celle du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries, et de l'Alimentation du Québec, a donc mis en place des installations pour pouvoir être en mesure de collecter des données qui permettent de caractériser et de suivre les principales composantes de l'écosystème (sol – végétation – atmosphère) et de documenter les liens fonctionnels qui existent entre elles. Cela ne pourrait pas être fait à partir des réseaux d'inventaire extensifs car, dans ces derniers, les composantes sol et atmosphère sont peu ou pas étudiées. À titre d'exemple, les données sur les propriétés physico-chimiques des sols du RÉSEF ont servi à créer un modèle d'évaluation de la quantité de carbone dans les sols forestiers, modèle qui a pu être utilisé avec les données de

[1] http://www.lternet.edu

[2] http://www.icp-forests.org

Tableau 1. Position du RÉSEF au sein des principaux réseaux d'inventaire forestiers du MRNF

Principaux réseaux[1]	Nombre de stations[2]	Principaux objectifs poursuivis	Paramètres étudiés	Principaux processus étudiés	Échelle d'application[3]
Bassins versants	3	Suivre les processus de l'écosystème forestier à des fins de recherche	Climat, atmosphère, dendrométrie, milieu physique, biodiversité, chimie du feuillage et du sol	Cycles biochimique, biogéochimique et géochimique, productivité, climat, atmosphère	L, R
RÉSEF	31	Comprendre les relations entre les différentes composantes (sol – végétation – atmosphère) des écosystèmes	Climat, atmosphère, dendrométrie, milieu physique, biodiversité, chimie du feuillage et du sol	Cycles biochimique, biogéochimique, productivité, climat, atmosphère	R, P
Effets réels	5 207	Vérifier l'atteinte des rendements escomptés et, le cas échéant, suggérer des correctifs aux hypothèses de rendement associées aux différents traitements sylvicoles du Manuel d'aménagement forestier	Dendrométrie	Croissance, régénération	L, R, P
SCOF	157	Suivre l'effet de traitements sylvicoles sur la croissance	Dendrométrie, milieu physique, quelques variables du sol	Croissance	R
FÉDÉ	611	Préciser l'estimation de la croissance des forêts privées	Dendrométrie, milieu physique, quelques variables du sol	Croissance	R
SPIM	1 123	Suivre la propagation des insectes et maladies	Insectes ravageurs, champignons, maladies	Cycles infestation, invasion	R, P
PEP	12 327	Connaître la dynamique des peuplements naturels ou perturbés par des interventions sylvicoles; connaître la croissance brute et nette des peuplements et créer les modèles d'accroissement.	Dendrométrie, milieu physique, quelques variables du sol	Croissance	L, R, P
PET	102 644[4]	Estimer les volumes de bois sur pied; établir l'âge et l'IQS des peuplements; construire les tarifs de cubage locaux et les tables de rendement empirique, etc.	Dendrométrie, milieu physique	Volume	L, R, P

[1] Bassins versants expérimentaux : Direction de la recherche forestière du MRNF; PET : réseau des placettes temporaires de la Direction des inventaires forestiers (DIF) du MRNF; PEP : réseau des placettes permanentes de la DIF; SPIM : réseau des placettes de la Direction de la conservation des forêts du MRNF; FÉDÉ : réseau des placettes permanentes pour la Fédération des producteurs de bois du Québec; SCOF : réseau de placettes permanentes de l'ancien Service de la comptabilité forestière du MRNF

[2] Au 31 décembre 2003

[3] L : locale; R : régionale; P : provinciale

[4] Du troisième inventaire forestier

sol plus élémentaires des grands inventaires pour estimer la quantité de carbone organique dans les sols de tout le territoire forestier méridional (Tremblay *et al.* 2002). Un autre exemple est celui de l'estimation, grâce aux données du RÉSEF, des concentrations moyennes en macroéléments des divers compartiments de l'arbre. Une fois ces concentrations moyennes calculées, elles ont été appliquées à l'ensemble des peuplements forestiers pour pouvoir déterminer et cartographier les charges critiques d'acidité et ainsi identifier les régions du Québec où les forêts sont les plus touchées par les dépôts acides (Ouimet *et al.* 2001, Ouimet 2006).

1.2 Le RÉSEF : utile aux aménagistes forestiers

L'information recueillie dans le RÉSEF permet de raffiner notre connaissance des liens fonctionnels qui existent entre les différentes composantes de l'écosystème. Une telle connaissance permettra aux aménagistes forestiers de concevoir des approches sylvicoles qui s'inspirent de la dynamique naturelle contemporaine des écosystèmes et qui, par conséquent, souscrivent aux principes de l'aménagement écosystémique.

D'autre part, les données récoltées et les analyses subséquentes qui en seront faites, permettront de mieux comprendre les impacts des facteurs de stress environnementaux tels la pollution atmosphérique ou les changements climatiques, sur la dynamique forestière. Cette compréhension est nécessaire à l'élaboration de stratégies dont le but serait, dans la mesure du possible, d'atténuer ces impacts ou de s'adapter aux nouvelles conditions environnementales qu'ils génèrent.

Finalement, les données récoltées peuvent aussi servir à la mise au point et la calibration de modèles utilisés lors de la planification stratégique de l'aménagement forestier. Les données provenant de ce réseau pourraient contribuer au développement de modèles de croissance, de succession, de recrutement, de mortalité ou d'autres paramètres de la dynamique forestière.

1.3 Le RÉSEF : ses objectifs

Le RÉSEF, installé dans différents écosystèmes typiques de la forêt québécoise, permet de déceler rapidement des changements dans le fonctionnement de ces écosystèmes. Ce réseau permet ainsi d'identifier des problématiques qui mériteraient une attention particulière. Par contre, il ne permet cependant pas d'inférer à une échelle plus vaste (échelle du sous-domaine par exemple), les résultats observés à l'intérieur des stations du réseau.

Les trois objectifs généraux que le MRNF compte poursuivre avec le RÉSEF sont :

1) suivre l'évolution temporelle des composantes (végétation, sol, atmosphère) des stations par le biais de mesures répétées dans le temps de ces différents paramètres;

2) détecter tout changement important dans l'évolution des composantes des stations;

3) se donner les moyens de déterminer les causes de ces changements par l'étude des relations entre les composantes.

L'ensemble des observations de terrain recueillies permettra de quantifier, d'une part la productivité des peuplements et, d'autre part, les principaux facteurs qui conditionnent leur croissance tels les paramètres de la végétation (composition et structure du peuplement), du sol (propriétés physico-chimiques), du climat (température, nombre de degrés-jours, précipitations) et les apports d'origine atmosphérique (soufre, azote, minéraux, polluants).

Grâce à ces années d'observation des facteurs qui régissent la dynamique des écosystèmes forestiers, le MRNF compte améliorer la compréhension des processus qui influencent la fertilité, la croissance et la composition des forêts .

1.4 Le RÉSEF : sa gestion et son administration

Le MRNF assure depuis 1986 la gestion du RÉSEF et des installations nécessaires à la prise des données de terrain.

Deux autres réseaux, tous deux gérés par le ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs procèdent à la collecte automatique de données météorologiques. Il s'agit du grand Réseau d'échantillonnage des précipitations du Québec (REPQ) dans lequel est englobé le Réseau plus spécialisé de mesures des polluants atmosphériques en milieux agricole et forestier du Québec (REMPAFAQ). Les données météorologiques prises dans ces réseaux servent à suivre la composante « atmosphère » de l'écosystème forestier. Ces données complètent les données prises dans le RÉSEF sur les composantes

« végétation » et « sol ». Le REMPAFAQ a été expressément mis en place pour permettre d'établir les relations de cause à effet entre les données de l'environnement atmosphérique (température, humidité relative, pression atmosphérique, qualité et quantité de précipitations, polluants gazeux, etc.) et les données provenant des paramètres mesurés dans le RÉSEF sur la végétation et le sol. Cependant le REMPAFAQ n'est pas seulement qu'un réseau automatique de collecte de données. D'autres objectifs lui sont associés :

- la consolidation du réseau de monitoring québécois sur les conditions météorologiques et les précipitations acides;
- l'apport de ses données à l'élaboration de politiques d'atténuation de la pollution mises en œuvre ou qui le seront éventuellement;
- l'apport de ses données à la détermination de seuils de tolérance des espèces forestières à différents polluants atmosphériques;
- l'apport de ses données à l'élaboration de standards de pollution acceptables.

1.5 Critères de sélection des stations

D'abord installé uniquement dans des érablières, le réseau de stations de surveillance s'étend progressivement aux autres écosystèmes typiques de la forêt québécoise commerciale; le RÉSEF compte aujourd'hui 31 stations en opération.

La nécessité d'obtenir des données sur une période d'au moins 50 ans a obligé les responsables du réseau à considérer le mode de tenure du territoire sur lequel les stations devaient être implantées. Ils ont ainsi préféré les territoires de parcs, de réserves et de terres publiques aux terres privées. Seulement deux des trente et une stations sont sur terre privée. Enfin, il a fallu tenir compte des contraintes techniques propres aux installations du REMPAFAQ. En effet, elles nécessitaient d'être situées près d'une ligne électrique et d'une ligne téléphonique pour la collecte et la transmission des données et devaient être éloignées de plus de 50 km de toute source importante de pollution. Les stations du REMPAFAQ ne sont pas situées à proprement parler dans les stations du RÉSEF, mais à proximité; la distance entre la station de mesure des polluants atmosphériques et la station du RÉSEF varie selon les stations de 0,1 km (station 204) à plus de 50 km (station 503). Cependant, dans 80 % des cas, elle est inférieure à 5 km.

1.6 Le RÉSEF : la situation des stations

1.6.1 Géographique

La figure 1 montre la répartition des 31 stations du RÉSEF sur le territoire du Québec. La station la plus au nord est située près de Port-Cartier (station 903; latitude de 50° 08' 21" nord), tandis que la plus au sud (station 503; latitude de 45° 11' 17" nord) se situe dans la municipalité de Knowlton. On trouve la station la plus à l'ouest (station 802; longitude de 79° 08' 27" ouest) près de Ville-Marie et la plus à l'est (station 1101; longitude 66° 03' 00" ouest) dans le parc national de la Gaspésie.

1.6.2 Au sein du système de classification bioclimatique du MRNF[1]

Les stations ont été réparties sur le territoire du Québec méridional de manière à ce que cinq des six domaines de végétation forestière – érablières, sapinières, pessières – soient représentés (Tableau 2). Les domaines de végétation expriment le gradient de rigueur climatique que l'on observe du sud au nord, tandis que les différences observées dans la végétation d'ouest en est d'un domaine (le sous-domaine) reflètent principalement des différences dans les régimes de précipitations. Domaines et sous-domaines font partie des subdivisions bioclimatiques du classement hiérarchique écologique du territoire établi par le MRNF. Les domaines se situent sous les zones et sous-zones de végétation, qui correspondent elles-mêmes aux grandes divisions de la végétation à l'échelle de la planète (par ex. : zones arctique, boréale, tempérée nordique, etc.).

Domaine de l'érablière à tilleul
(35 500 km²; 2,3 % du Québec)

Dans ce domaine, la flore y est diversifiée, mais plusieurs espèces sont à la limite septentrionale de leur aire de distribution. L'érable à sucre est accompagné du tilleul d'Amérique, du frêne d'Amérique, de l'ostryer de Virginie et du noyer cendré dans les milieux qui sont favorables à leur développement. La présence de chênaies rouges

[1] Cette synthèse a été écrite à partir de deux ouvrages principaux : le chapitre « *Écologie forestière du Manuel de foresterie* » publié en 1996 (Ansseau *et al.* 1996) ainsi que l'article intitulé « *Les régions écologiques du Québec méridional (3e version) : un des éléments du système hiérarchique de classification écologique du territoire mis au point par le* ministère des Ressources naturelles du Québec » publié en 1998 par Saucier *et al.*

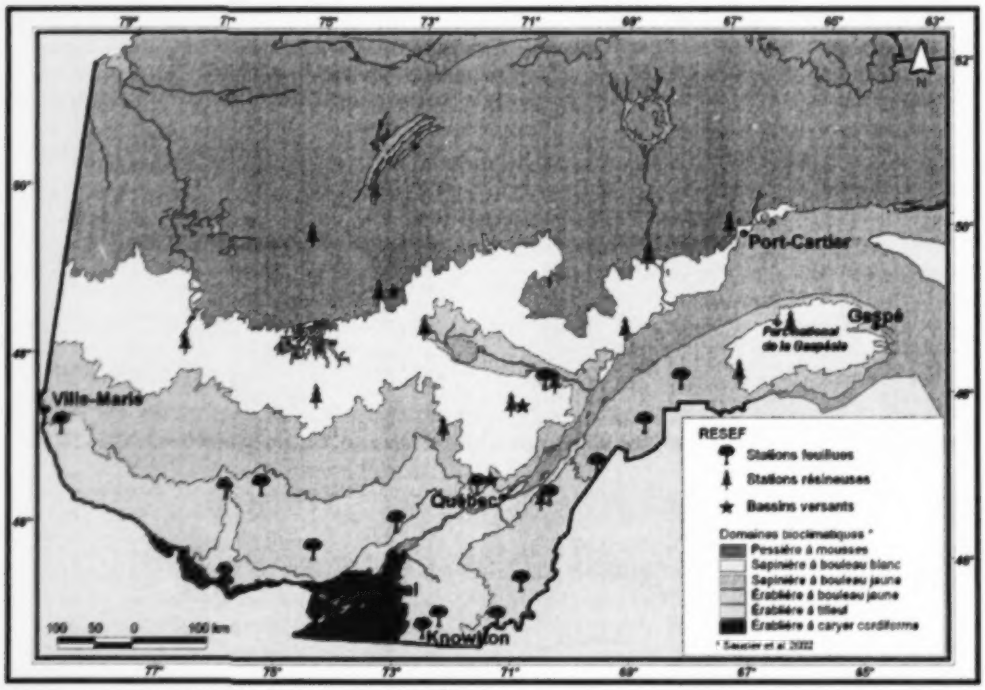


Figure 1. Localisation des 31 stations du RÉSEF.

dans l'ouest et les précipitations moindres par rapport à l'est sont les deux critères qui justifient la division du domaine en deux sous-domaines. Le domaine de l'érablière à tilleul fait partie de la sous-zone de la forêt décidue, elle-même englobée dans la zone tempérée nordique.

Il existe à l'intérieur du domaine des variabilités climatiques, biophysiques et floristiques que l'on trouve exprimées dans les quatre stations d'érablières qui le représentent : la station 501 (Orford), la station 503 (Knowlton), la station 701 et la station 702 (Gatineau). Ces deux dernières érablières bénéficient du climat clément de l'ouest, comme l'indique le nombre de degrés-jours, mais ne reçoivent pas autant de précipitations durant leur saison de croissance (précipitations utiles) que les quatre autres érablières établies dans l'est (Tableau 3). Par contre, elles sont les deux seules stations de tout le RÉSEF à tirer profit de la richesse d'un humus de type mull.

Domaine de l'érablière à bouleau jaune (65 000 km²; 4 % du Québec)

L'érablière à bouleau jaune occupe la partie la plus nordique de la sous-zone de la forêt décidue. Moins diversifiée, sauf pour les meilleurs sites, la flore comprend de nombreuses espèces boréales, largement répandues au Québec. Le bouleau jaune est la principale essence compagne de l'érable à sucre dans les érablières. On y trouve aussi du hêtre à grandes feuilles, du chêne rouge et de la pruche du Canada, mais leur présence va en s'amenuisant vers les limites nord du domaine. Le domaine marque aussi la fin de l'aire de distribution du tilleul d'Amérique et de l'ostryer de Virginie. Le renouvellement de ces érablières se fait par des trouées causées par la chute des arbres sénescents (Ansseau *et al.* 1996). Le sous-domaine de l'ouest se caractérise par moins de précipitations et par la présence de peuplements de pins blancs et rouges. Le domaine de l'érablière à bouleau jaune est le domaine le plus nordique qui entre dans les mêmes sous-zones et zones que le domaine de l'érablière à tilleul.

Les stations situées à l'intérieur des limites de ce domaine sont au nombre de neuf : la station 1202 et la station 1203 (N.-D. du Rosaire), la station 1201 (Dorset), la station 1501 et la station 402 (Saint-Paulin), la station 502 (La Patrie), la station 1502 (Ferme Neuve), la station 703 (Lytton) et la station 802 (Ville-Marie). Encore là, les érablières de l'ouest (1502, 703 et 802)

Tableau 2. Principales caractéristiques environnementales des stations du RÉSEF

Station	Localité	Perturbations naturelles majeures[1]	Années		Domaine écologique	Dépérissement (%)		Transparence[2] (%)		Longitude	Latitude	Couvert[3]
			Installation	Dernier mesurage		Installation	2001	Installation	2001			
501	Orford	Verglas	1988	2003	Érablière à tilleul	5	8	28	37	72° 14' 20"	45° 21' 07"	F
503	Knowlton		2000	2000	Érablière à tilleul	-	-	-	-	72° 30' 25"	45° 11' 17"	F
701	Gatineau	Verglas	1987	2002	Érablière à tilleul	5	6	18	22	75° 55' 30"	45° 31' 25"	F
702	Gatineau	Verglas	1988	2003	Érablière à tilleul	4	7	21	24	75° 57' 40"	45° 35' 09"	F
402	Saint-Paulin	Verglas	1989	2004	Érablière à bouleau jaune	1	2	30	22	73° 04' 00"	46° 27' 48"	F
502	La Patrie	Verglas	1988	2003	Érablière à bouleau jaune	6	5	26	24	71° 14' 47"	45° 22' 38"	F
703	Lytton		1990	2000	Érablière à bouleau jaune	5	4	31	25	76° 06' 30"	46° 39' 50"	F
802	Ville-Marie		1991	2001	Érablière à bouleau jaune	0	0	0	0	79° 08' 27"	47° 11' 29"	F
1201	Dorset		1987	2002	Érablière à bouleau jaune	8	10	26	24	70° 51' 07"	45° 49' 08"	F
1202	N.-D. du Rosaire		1987	2002	Érablière à bouleau jaune	5	11	25	23	70° 27' 30"	46° 51' 48"	F
1501	Saint-Faustin	Verglas	1987	2002	Érablière à bouleau jaune	0	9	27	26	74° 28' 10"	46° 03' 00"	F
1502	Ferme-Neuve		1990	2000	Érablière à bouleau jaune	4	10	29	21	75° 27' 43"	46° 46' 13"	F
102	Lac de l'Est		1988	2003	Sapinière à bouleau jaune	10	7	29	22	69° 34' 25"	47° 14' 57"	F
103	Ouimet		1988	2003	Sapinière à bouleau jaune	1	3	18	22	68° 04' 45"	48° 17' 10"	F
105	Auclair		2000	2000	Sapinière à bouleau jaune	-	-	-	-	68° 44' 01"	47° 45' 01"	F
201	Rivière-Éternité		1989	2004	Sapinière à bouleau jaune	3	2	29	22	70° 21' 11"	48° 17' 17"	F
301	Duchesnay		1986	2001	Sapinière à bouleau jaune	15	34	22	27	71° 40' 25"	46° 57' 33"	F
403	Lac Édouard		1989	2004	Sapinière à bouleau jaune	-	-	-	-	72° 19' 15"	47° 37' 30"	M
202	Rivière-Éternité		1989	2004	Sapinière à bouleau jaune	-	-	-	-	70° 20' 54"	48° 14' 08"	R
104	Causapscal	TBE, Verglas	1989	2004	Sapinière à bouleau blanc	-	-	-	-	67° 00' 52"	48° 21' 43"	R
203	Ashuapmushuan	Chablis	1989	2004	Sapinière à bouleau blanc	-	-	-	-	72° 46' 03"	48° 48' 41"	R
303	Lac Laflamme	TBE	1998	2003	Sapinière à bouleau blanc	-	-	-	-	71° 07' 37"	47° 19' 41"	R
404	Parent		1990	2000	Sapinière à bouleau blanc	-	-	-	-	74° 37' 48"	47° 54' 12"	R

Tableau 2 (fin). Principales caractéristiques environnementales des stations du RÉSEF

Station	Localité	Perturbations naturelles majeures[1]	Années		Domaine écologique	Dépérissement (%)		Transparence[2] (%)		Longitude	Latitude	Couvert[3]
			Installation	Dernier mesurage		Installation	2001	Installation	2001			
104	Causapscal	TBE, Verglas	1989	2004	Sapinière à bouleau blanc	-	-	-	-	67° 00' 52"	48° 21' 43"	R
203	Ashuapmushuan	Chablis	1989	2004	Sapinière à bouleau blanc	-	-	-	-	72° 46' 03"	48° 48' 41"	R
303	Lac Laflamme	TBE	1998	2003	Sapinière à bouleau blanc	-	-	-	-	71° 07' 37"	47° 19' 41"	R
404	Parent		1990	2000	Sapinière à bouleau blanc	-	-	-	-	74° 37' 48"	47° 54' 12"	R
801	Senneterre		1990	2000	Sapinière à bouleau blanc	-	-	-	-	77° 07' 28"	48° 22' 03"	R
902	Forestville		1989	1999	Sapinière à bouleau blanc	-	-	-	-	69° 05' 05"	48° 52' 41"	R
1101	Gaspésie	TBE	1990	2000	Sapinière à bouleau blanc	-	-	-	-	66° 03' 00"	48° 56' 11"	R
1203	N.-D. du Rosaire	Chablis	1987	2002	Érablière à bouleau jaune	-	-	-	-	70° 30' 05"	46° 49' 42"	R
204	Lac Tirasse		1996	2001	Pessière à mousses	-	-	-	-	73° 38' 38"	49° 12' 27"	R
901	Micoua	TBE	1989	2004	Pessière à mousses	-	-	-	-	68° 41' 12"	49° 45' 00"	R
903	Port-Cartier		1991	2001	Pessière à mousses	-	-	-	-	67° 08' 35"	50° 08' 21"	R
1001	Chapais		1990	2000	Pessière à mousses	-	-	-	-	74° 57' 15"	49° 49' 40"	R

[1] TBE : tordeuse des bourgeons de l'épinette
[2] Transparence du feuillage
[3] F : feuillus; R : résineux

Tableau 3. Principales caractéristiques climatiques des stations du RÉSEF

Station	Nombre de degrés-jours	Température moyenne annuelle (°C)	Précipitations utiles (mm)	Précipitations moyennes annuelles (mm)	Déficit de pression de vapeur (mbar)	Indice d'aridité (mm)	Évapotranspiration moyenne annuelle (cm)	Nombre moyen de jours sans gel
501	1450-1550	3-4	400-425	1300-1400	1250-1350	0,5-1	40-42	180-190
503	1650-1750	4-5	375-400	1200-1300	1350-1450	2-2,5	44-46	200-210
701	1750-1850	4-5	250-275	900-1000	1550-1650	4,5-5	46-48	200-210
702	1750-1850	4-5	250-275	900-1000	1450-1550	4,5-5	44-46	200-210
402	1550-1650	3-4	275-300	1100-1200	1350-1450	2,5-3	44-46	190-200
502	1450-1550	3-4	350-375	1300-1400	1250-1350	1-1,5	42-44	190-200
703	1550-1650	3-4	275-300	900-1000	1450-1550	3,5-4	44-46	190-200
802	1450-1550	1-2	275-300	900-1000	1350-1450	3-3,5	42-44	180-190
1201	1350-1450	3-4	350-375	1200-1300	1250-1350	1-1,5	40-42	180-190
1202	1350-1450	2-3	300-325	1000-1100	1250-1350	2-2,5	40-42	180-190
1501	1550-1650	2-3	325-350	1100-1200	1350-1450	2-2,5	42-44	190-200
1502	1550-1650	2-3	300-325	1100-1200	1350-1450	2,5-3	42-44	190-200
102	1250-1350	1-2	325-350	1200-1300	1150-1250	2-2,5	38-40	170-180
103	1250-1350	2-3	275-300	1100-1200	1150-1250	2,5-3	40-42	180-190
105	1350-1450	2-3	275-300	1000-1100	1250-1350	2,5-3	40-42	180-190
201	1350-1450	2-3	275-300	1000-1100	1250-1350	2-2,5	40-42	180-190
301	1450-1550	2-3	375-400	1300-1400	1350-1450	1,5-2	42-44	190-200
202	1250-1350	1-2	300-325	1000-1100	1250-1350	1,5-2	40-42	170-180
403	1350-1450	1-2	325-350	1000-1100	1250-1350	1,5-2	40-42	180-190
104	1150-1250	1-2	325-350	1100-1200	1150-1250	1,5-2	38-40	180-190
203	1350-1450	1-2	275-300	800-900	1350-1450	2-2,5	40-42	180-190
303	1150-1250	0-1	400-425	1400-1500	1150-1250	1-1,5	38-40	160-170
404	1250-1350	1-2	325-350	1000-1100	1250-1350	1,5-2	40-42	170-180
801	1250-1350	0-1	325-350	1000-1100	1350-1450	1,5-2	40-42	170-180
902	1350-1450	1-2	275-300	1000-1100	1150-1250	2,5-3	40-42	180-190
1101	750-850	-2 - -1	350-375	1300-1400	950-1050	0-0,5	34-33	140-150
1203	1350-1450	2-3	300-325	1000-1100	1250-1350	2-2,5	40-42	180-190
204	1150-1250	-1-0	325-350	1000-1100	1150-1250	1-1,5	33-38	160-170
901	1150-1250	0-1	275-300	1000-1100	1150-1250	2-2,5	38-40	170-180
903	1150-1250	0-1	275-300	1100-1200	1050-1150	3-3,5	38-40	170-180
1001	1050-1150	-1-0	300-325	900-1000	1150-1250	1-1,5	33-38	160-170

jouissent d'un plus grand nombre de degrés-jours que celles de l'est (Tableau 3). Toutefois, l'écart entre les précipitations utiles qu'elles reçoivent par rapport à celles qui tombent dans les érablières de l'est est moins grand que l'écart observé entre les deux sous-domaines de l'érablière à tilleul. La topographie qui caractérise le domaine – coteaux, collines, hautes collines – se trouve représentée dans les neuf stations.

Domaine de la sapinière à bouleau jaune (94 800 km²; 6 % du Québec)

Ce domaine en est un de transition entre la zone tempérée nordique, à laquelle il appartient, et la zone boréale. Les sites mésiques sont occupés par des peuplements mélangés de bouleaux jaunes et de résineux, comme le sapin baumier, l'épinette blanche et le thuya. L'érable à sucre y pousse encore, mais moins vigoureusement, car il a atteint la limite septentrionale de son aire de distribution. Ces forêts mélangées se renouvellent grâce à la récurrence des feux ou des épidémies de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. L'abondance du bouleau jaune et des pinèdes, qui diminue d'ouest en est, permet de distinguer deux sous-domaines: celui de l'ouest, caractérisé par l'omniprésence des bétulaies jaunes à sapin sur les sites mésiques et celui de l'est, par les sapinières à bouleau jaune. L'ensemble du domaine forme à lui seul la sous-zone de la forêt mélangée, le domaine le plus nordique de la zone tempérée.

Les stations du RÉSEF localisées dans ce domaine sont au nombre de sept : la station 103 (Ouimet), la station 105 (Auclair), la station 102 (Lac de l'Est), la station 201 et la station 202 (Rivière-Éternité), la station 301 (Duchesnay) et la station 403 (Lac Édouard). La station 301 est celle qui bénéficie du plus grand nombre de degrés-jours. C'est aussi dans cette station qu'il tombe en moyenne les plus grandes quantités de précipitations dans l'année. Le caractère de forêt mélangée propre au domaine ne se reflète pas dans la composition du couvert forestier de la plupart des stations, qui sont des érablières. Les stations s'intègrent dans un paysage de collines, sauf les deux stations de Rivière Éternité, situées du côté sud du fjord du Saguenay.

Domaine de la sapinière à bouleau blanc (123 700 km²; 8 % du Québec)

Le paysage forestier y est dominé par les peuplements de sapins et d'épinettes blanches, mélangés à des bouleaux blancs sur les sites mésiques. On y rencontre encore du bouleau jaune et de l'érable rouge, mais seulement dans la partie sud du domaine. Le feu, les chablis et surtout la tordeuse des bourgeons de l'épinette sont les trois agents naturels de renouvellement des forêts. Dans le sous-domaine de l'ouest, le relief est peu accidenté et le cycle du feu plus court (Bergeron *et al.* 2004), ce qui explique l'abondance des peuplements feuillus ou mélangés d'essences intolérantes à l'ombre (peuplier faux-tremble, bouleau blanc et pin gris). À l'inverse, l'abondance des précipitations sur le territoire de l'est, attribuable à l'influence maritime, a pour effet d'allonger le cycle des feux de forêts. Le domaine de la sapinière à bouleau blanc occupe le territoire le plus au sud de la zone boréale, soit celui de la sous-zone de la forêt boréale continue.

Sept stations représentent ce domaine d'est en ouest : la station 1101 (Parc de la Gaspésie), la station 104 (Causapscal), la station 902 (Forestville), la station 303 (Forêt Montmorency), la station 203 (Ashuapmushuan), la station 404 (Parent) et la station 801 (Senneterre). Les plus grandes quantités de précipitations enregistrées pour toutes les stations du RÉSEF proviennent de la station de la Forêt Montmorency. Pour sa part, la station gaspésienne est caractérisée par le plus faible nombre de degrés-jours et par les températures moyennes annuelles les plus basses de toutes les stations du RÉSEF. Le climat y est rude, mais non aride, comme l'indique la valeur quasi nulle de l'indice d'aridité. Les stations de Forestville et de Ashuapmushuan reçoivent la même quantité de précipitations durant leur saison de croissance, même s'il en tombe annuellement davantage dans la station de Forestville. De plus, leur couvert est formé de plus d'épinettes noires que de sapins.

Domaine de la pessière à mousses (433 600 km²; 28 % du Québec)

Les paysages y sont assez uniformes, puisque le couvert forestier est nettement dominé par l'épinette noire, qui y forme bon nombre de peuplements monospécifiques. Les sapinières n'occupent plus que les versants de rares collines, et certains individus jouent le rôle d'espèce compagne dans les pessières avoisinantes. Le bouleau blanc, le peuplier faux-tremble et dans une moindre mesure le peuplier baumier viennent parfois rompre l'uniformité de ces vastes paysages résineux. Les sous-bois sont couverts de mousses hypnacées

et de plantes arbustives éricacées. Les espèces herbacées sont peu nombreuses. La différence dans l'abondance des précipitations entre l'ouest et l'est amène des différences dans la durée du cycle du feu. Sa durée, plus longue dans l'est, favorise le développement de plus de sapinières et la présence de plus de sapins dans les pessières. La pessière à mousses marque la fin de la sous-zone de la forêt continue dans la zone boréale.

Le RÉSEF compte quatre stations dans ce domaine : la station 903 (Port-Cartier), la station 901 (Micoua), la station 204 (Lac-de-la-Tirasse) et la station 1001 (Chapais). Les stations de Port-Cartier (903) et de Micoua (901) bénéficient d'un climat relativement plus doux que les stations situées à l'ouest. Chaque station est installée sur un sol sableux qui s'est développé sur un dépôt glaciaire différent : fluviatile ancien à Port-Cartier, épandage fluvioglaciaire à Micoua, dépôt juxtaglaciaire au Lac-de-la-Tirasse et till à Chapais. Les peuplements des stations de l'ouest (Lac-de-la-Tirasse et Chapais) tirent leur origine du feu, notable par la présence marquée de pins gris dans leur couvert. La station de Micoua est pour sa part installée dans un peuplement de sapinière dotée d'une strate arbustive riche en érable à épis, tandis que la composition du peuplement dans lequel la station de Port-Cartier est établie s'assimile parfaitement à la composition générale de la pessière à mousses caractéristique du domaine.

Chapitre deux

Méthode

2.1 Description des places d'étude

Dans les stations, la place d'étude est l'emplacement où les mesures sont prises, les observations effectuées et les échantillons prélevés. L'emplacement a été choisi pour l'homogénéité de son terrain et de sa végétation, cette dernière devant être obligatoirement représentative du peuplement environnant. Ainsi, chaque place d'étude est considérée comme un échantillon représentatif de la composition, de la structure, de la croissance et de la vitalité du peuplement dans lequel elle est installée.

Les places d'étude font 0,5 ha (50 m x 100 m) dans les peuplements feuillus et 0,25 ha (50 m x 50 m) dans les peuplements résineux et sont subdivisées en parcelles de 0,01 ha (10 m x 10 m). Exception faite des places établies dans les parcs et les réserves écologiques, chaque place d'étude est entourée d'une zone de protection d'une largeur de 100 m. Dans cette zone, aucune intervention sylvicole n'est permise (Figure 2). Cependant, c'est là que sont prélevés les échantillons de sol, de feuilles et les petits cylindres radiaux de bois appelés *carottes dendrométriques*. Ce ne sont que les mesures et les observations réalisées sur la végétation qui sont effectuées dans la place d'étude proprement dite.

Des affiches installées à une distance de 100 m de la limite de la place d'étude avisent les promeneurs de ne pas pénétrer dans la forêt d'expérimentation. Cet avis a pour but d'éviter le piétinement et tout autre dégât susceptible d'endommager le sol, la végétation et le matériel en place.

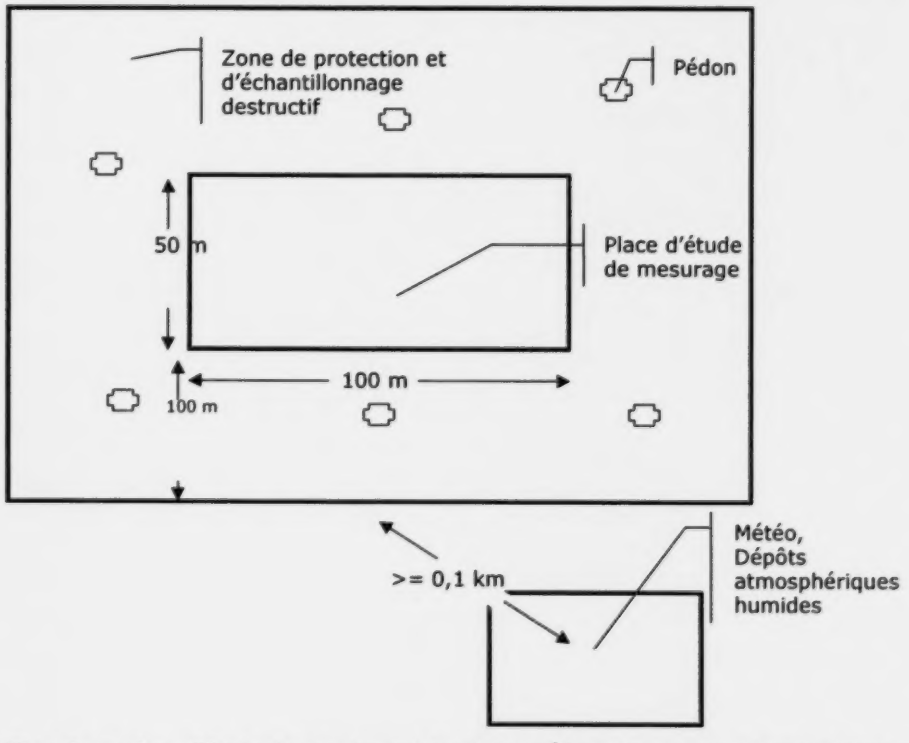


Figure 2. Plan d'une place d'étude de peuplement feuillu du RÉSEF. Les places d'étude résineuses ont une superficie de 50 m x 50 m. Une station météorologique et de mesure des dépôts atmosphériques est située à proximité de chaque station.

Tableau 4. Liste des paramètres suivis et des variables mesurées dans le RÉSEF et dans le réseau météorologique REMPAFAQ

Composante de l'écosystème	Paramètres mesurés ou identifiés	Fréquence de mesurage
Atmosphère	• Paramètres météorologiques : – température, précipitations, humidité relative, direction et vitesse des vents; – dépôts humides en Ca, Mg, K, Na, Cl, H, SO_4, NH_4, NO_3	• Horaire • Hebdomadaire
Environnement physique	• Paramètre géomorphologique : dépôt de surface. • Paramètre géologique : étude du Quaternaire. • Paramètres topographiques : altitude, exposition, position sur la pente, forme et inclinaison de la pente.	• Une fois, lors de l'installation • Une fois, lors de l'installation • Une fois, lors de l'installation
Peuplement	• Paramètre géographique : – positionnement des arbres et gaulis. • Paramètres de croissance : – composition et structure du peuplement; – essence, étage, état, DHP, hauteur; – cernes annuels (dendrochronologie); – régénération haute et basse (dénombrement et recouvrement par essence). • Paramètre de diversité : inventaire complet des espèces végétales • Paramètres de l'état de santé : – analyses foliaires; – inventaire des insectes ravageurs et maladies; – taux de dépérissement et transparence du couvert (places d'étude feuillues).	• Une fois, lorsque la tige atteint 1,1 cm au DHP • Tous les 5 ans • Une fois, lors de l'installation • Tous les cinq ans
Sol	• Paramètres pédologiques : – identification : épaisseur, couleur, texture, structure des horizons, pierrosité et profondeur des racines; – propriétés physiques : analyse de texture, densité apparente, taux de matière organique; – propriétés chimiques : analyses de pH, N total, rapport C/N, cations échangeables, saturation en base, CEC, formes amorphes, oxydées et organiques d'Al et Fe, contenus totaux.	• Tous les cinq ans jusqu'en 2000; tous les dix ans depuis lors.

Tableau 5. Variables mesurées par strate d'espèce ligneuse dans les places d'étude du RÉSEF

	Variables							
Strate[1]	Positionnement géographique	Espèce	Statut social	État	DHP	Hauteur	Nombre	Recouvrement (%)
Tiges marchandes	√	√	√	√	√	√	√	
Gaules	√	√	√	√	√	√	√	
Régénération haute		√					√	
Régénération basse		√						√

[1] Marchands : tiges dont le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) est supérieur ou égal à 9,1 cm;
Gaules : tiges dont le DHP est compris entre 1,1 et 9 cm;
Régénération haute : tiges dont le hauteur est supérieure à 1,3 m et ayant un DHP < 1,1 cm;
Régénération basse : tiges dont la hauteur est inférieure à 1,3 m.

2.2 Méthode de prises de données

Gagnon *et al.* (1994) ont défini les paramètres de mesures des grandes composantes de l'écosystème et ont mis au point les méthodes pour mesurer les différentes variables associées à ces paramètres. Le tableau 4 présente la liste de tous les paramètres suivis dans le RÉSEF.

2.2.1 Paramètres de croissance : données mesurées sur le terrain

Le tableau 5 résume les variables mesurées par strate de hauteur dans les places d'étude du RÉSEF.

Les données mesurées pour les études de croissance ne concernent que les espèces ligneuses qui ont le potentiel de devenir des arbres. Selon les cas, elles sont prises individuellement ou dans leur ensemble. Ces dernières ont été différenciées en quatre strates sur la base de leur hauteur et de leur diamètre :

- la strate des arbres marchands : constituée d'individus dont le diamètre à hauteur de poitrine (DHP) est d'au moins 9,1 cm;
- la strate des gaules : constituée d'individus dont le DHP est compris entre 1,1 et 9 cm;
- la strate de la régénération haute : constituée d'individus dont la hauteur est d'au moins 1,3 m et dont le diamètre à hauteur de poitrine est inférieur à 1,1 cm;
- la strate de la régénération basse : constituée d'individus de hauteur inférieure à 1,3 m.

2.2.1.1 Positionnement

Les tiges marchandes et les gaules sont positionnées au moment de l'établissement de la place d'étude. Elles sont numérotées de façon permanente à l'aide d'une fiche de plastique tenue par un monofilament. Le positionnement est effectué au ruban à mesurer au centimètre près, à partir d'un quadrillage permanent de 10 m x 10 m lequel subdivise la place d'étude en parcelles. Lors des remesurages, les tiges de la classe régénération haute dont le diamètre s'est suffisamment accru pour passer à la classe des tiges « gaules » font à leur tour l'objet d'un positionnement. Ainsi toutes les tiges de 1,1 cm et plus de diamètre au DHP sont numérotées et positionnées selon deux axes perpendiculaires.

2.2.1.2 Identification de l'espèce et du statut social des tiges

Les espèces de toutes les strates sont identifiées.

On attribue un « statut social » (ou un étage) aux tiges marchandes et aux gaules. Dans un peuplement, le statut social d'un arbre est défini par la hauteur que sa cime vivante occupe au sein des autres cimes vivantes dans le peuplement. Il y a cinq étages déterminés selon la norme d'inventaire des placettes temporaires (MRN 2002) :

- statut dominant : arbre dont la hauteur dépasse visiblement l'espace occupé par les codominants;
- statut codominant : arbre qui occupe l'espace où se situe généralement la majorité des hauteurs de tiges d'un peuplement, soit approximativement entre les 2/3 et les 5/6 de la hauteur des arbres dominants;
- statut intermédiaire : arbre qui occupe l'espace où se situent les hauteurs de tiges d'un peuplement, soit approximativement entre 1/2 et les 2/3 de la hauteur des arbres dominants;
- statut opprimé : arbre qui occupe l'espace où se situent les hauteurs de tiges d'un peuplement dont les hauteurs sont inférieures (approximativement) à la moitié de la hauteur des arbres dominants;
- statut vétéran : le vétéran est un survivant d'un peuplement disparu et son allure suppose un âge nettement supérieur à celui du peuplement actuel. Les arbres de dimensions commerciales qui sont restés debout à la suite d'une perturbation d'origine font partie de cette classe. Cette catégorie regroupe tous les arbres dont la hauteur dépasse en général celle des dominants ou dont le diamètre est généralement de beaucoup supérieur à celui des arbres qui les entourent.

2.2.1.3 Détermination de l'état des tiges

Il s'agit ici d'identifier si les arbres debout appartenant aux strates « tiges marchandes » et « gaules » sont vivants ou morts. En réalité, cinq classes d'état sont utilisées :

- état 0 : individus morts, encore debout;
- état 1 : individus vivants;
- état 2 : recrues de la strate marchande :

individus qui passent de la strate « gaulis » à la strate « arbres marchands »;

- état 3 : recrues de la strate gaulis : individus qui passent de la strate « régénération haute » à la strate « gaulis »;
- état 4 : individus morts tombés au sol.

La distinction « état 0 » et « état 4 » n'a commencé à se faire qu'en 2005. Avant cela, les arbres morts étaient codés morts et disparaissaient de la base de données les années subséquentes. Maintenant, tant que les arbres morts restent debout, les variables dendrométriques (hauteur, DHP) continuent à être mesurées et ce, afin de pouvoir estimer la biomasse morte sur pied.

2.2.1.4 Diamètre à hauteur de poitrine et hauteur

Le diamètre est mesuré sur les tiges marchandes et les gaules à hauteur de poitrine (1,3 m). Il est mesuré au millimètre près avec un galon circonférenciel ou avec un compas micrométrique.

La hauteur des tiges marchandes et des gaules est mesurée en mètre, au décimètre près à l'aide d'une perche ou à l'aide de l'hypsomètre électronique dans le cas des tiges qui sont trop hautes pour être mesurées à la perche.

2.2.1.5 Dénombrement ou recouvrement des individus non positionnés

Les tiges de plus de 1,3 m de hauteur et de moins de 1,1 cm au DHP lesquelles appartiennent à la state « régénération haute » sont dénombrées. On estime la présence des individus de moins de 1,3 m de hauteur dans chacune des parcelles au moyen d'un code d'abondance-dominance basé sur le pourcentage de recouvrement de l'espèce à l'intérieur de la parcelle. Pour avoir le pourcentage de recouvrement à l'intérieur de la place d'étude, la moyenne des valeurs médianes de chaque parcelle est calculée (Gagnon *et al.* 1994).

2.2.2 Données mesurées en laboratoire

La dendrochronologie, qui est l'ensemble des techniques qui permettent de dater les cernes d'un arbre, repose sur le prélèvement dans chaque arbre d'un bâtonnet de bois ou « carotte » sur lequel les cernes annuels de croissance peuvent être identifiés. Le prélèvement de deux carottes par arbre (rayons opposés) est effectué à hauteur de poitrine des arbres dominants et codominants des espèces les plus abondantes dans le couvert. Les carottes sont séchées en laboratoire, puis collées sur un support et poncées. Les cernes sont détectés par un lecteur optique puis la largeur entre deux cernes est mesurée au 0,01 mm près à l'aide d'un logiciel d'analyse (WINDENDRO, Regent instrument inc). Les séries chronologiques font ensuite l'objet d'un contrôle de qualité à l'aide du logiciel COFECHA (Holmes 1996) lequel permet de vérifier leur interdatation. Les carottes servent également pour déterminer l'âge de l'arbre au DHP et, par inférence, l'âge moyen du peuplement.

Chapitre trois

Principales caractéristiques dendrométriques des stations

3.1 Composition spécifique

3.1.1 Évolution de la composition végétale du couvert

La proportion en surface terrière de chaque essence a été évaluée grâce aux données des différentes campagnes de mesures. Toutes les tiges vivantes dont le DHP était au moins égal à 1,1 cm ont été prises en compte dans ces calculs. Cependant, lorsque l'on indique le nombre d'essences susceptibles d'atteindre la strate arborescente dans chacune des 31 stations du RÉSEF, ce nombre tient également compte de la régénération haute présente, soit les individus dont la hauteur est supérieure à 1,3 m et dont le DHP est inférieur à 1,1 cm.

Lors de l'installation des trente et une stations du RÉSEF (entre 1986 et 2000), treize stations d'études avaient un type de couvert résineux, une un type de couvert mélangé et dix-sept un type de couvert feuillu. Dans la stratification forestière québécoise, la composition forestière d'un peuplement est décrite par son groupement d'essences. Ce dernier est déterminé par le pourcentage de la surface terrière du peuplement occupé par les essences ou les associations d'essences[1] les plus répandues dans le peuplement. La composition spécifique du couvert peut être caractérisée par deux types d'essences, l'essence principale qui est l'essence la plus représentée dans le peuplement eu égard à la surface terrière et l'essence secondaire qui est la deuxième essence la plus représentée dans le peuplement, là aussi, eu égard à la surface terrière. La composition spécifique des 31 stations du RÉSEF est résumée à la figure 3.

Les dix-sept peuplements feuillus du RÉSEF (Tableau 6) ont tous l'érable à sucre comme essence principale et celui-ci peut être accompagné de sept

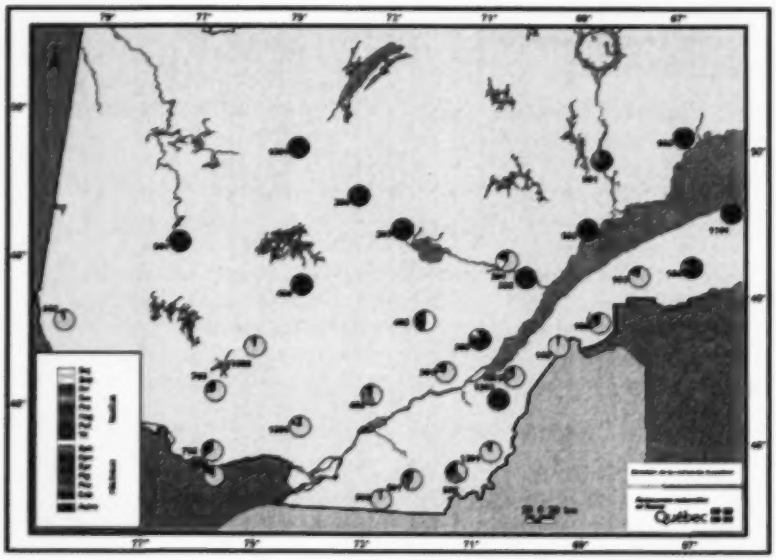


Figure 3. Surface terrière de l'essence principale et de l'essence secondaire exprimée en pourcentage de la surface terrière totale du peuplement pour l'année d'installation des 31 stations.

[1] Les associations d'essences feuillues possibles lors de la détermination du groupement d'essences sont les feuillus intolérants à l'ombre (Fi; les peupliers et les bouleaux), les feuillus non commerciaux (Fn; Annexe 4), les feuillus de zone humide (Fh; les ormes, le frêne noir et l'érable argenté) et les feuillus tolérants à l'ombre (Ft) qui sont tous les autres feuillus (Annexe 4).

différentes essences secondaires : le bouleau jaune (4 stations; 102, 201, 802 et 1501), l'érable rouge (2 stations; 105 et 501), le frêne d'Amérique (1 station; 702), le hêtre à grandes feuilles (6 stations; 301, 402, 502, 1201, 1202 et 1501), la pruche de l'est (2 stations; 503 et 703), le sapin baumier (1 station; 103) ou le tilleul d'Amérique (1 station; 701). Lors de leur installation, dix des dix-sept peuplements feuillus (102, 103, 301, 503, 701, 703, 802, 1201, 1501 et 1502) étaient des peuplements purs, des « érablières à érable à sucre ». Cinq autres (105, 201, 501, 702 et 1202) étaient des « érablières à érable à sucre avec des feuillus d'essences tolérantes à l'ombre ». Enfin, les deux derniers peuplements feuillus (402 et 502) étaient des « feuillus d'essences tolérantes à l'ombre avec des érables à sucre ». Sur les dix-sept stations feuillues, trois ont changé de groupement d'essences au cours de la période de suivi (Tableau 6; Figure 4). La station 301 qui était une « érablière à érable à sucre » en 1986 est devenue en 1996, une « érablière à érable à sucre avec des hêtres à grandes feuilles ». La station 1202, qui était lors de son installation (1987) une « érablière à érable à sucre avec des feuillus d'essences tolérantes à l'ombre » est devenue (1997) une « érablière à érable à sucre avec des hêtres à grandes feuilles ». La raison qui explique ce changement de groupement d'essences est l'augmentation de la surface terrière des hêtres à grandes feuilles. La station 1501 qui était une « érablière à érable à sucre » lors de son installation (1987) est devenue au cours du temps (2002), une « érablière à érable à sucre avec des feuillus d'essences tolérantes à l'ombre ». La station 403 est la seule station mélangée du RÉSEF. C'est une « bétulaie jaune à sapin baumier » donc, un peuplement mélangé à dominance feuillue.

Les peuplements résineux peuvent avoir trois espèces différentes comme essence principale, l'épinette noire, l'épinette rouge ou le sapin baumier, et cinq différentes espèces comme essence secondaire (Tableau 7). Parmi ces cinq essences secondaires, deux sont des essences feuillues, le bouleau jaune et le peuplier faux-tremble, tandis que les trois autres sont des essences résineuses, épinette blanche, pin gris et sapin baumier. Les treize peuplements résineux du RÉSEF peuvent présenter cinq différents groupements d'essences (Tableau 7), la « pessière noire à épinette noire » (7 stations; 202, 203, 404, 801, 902, 903 et 1001), la « pessière rouge à épinette rouge » (1 station; 1203), la « pessière noire à pin gris » (1 station, 204), la « sapinière à sapin baumier» (3 stations; 104, 303 et 1101) et enfin la « sapinière à sapin baumier avec des épinettes blanches» (1 station, 901). Contrairement à certains peuplements feuillus (301, 1202 et 1501), aucun peuplement résineux n'a changé de groupement d'essences au cours

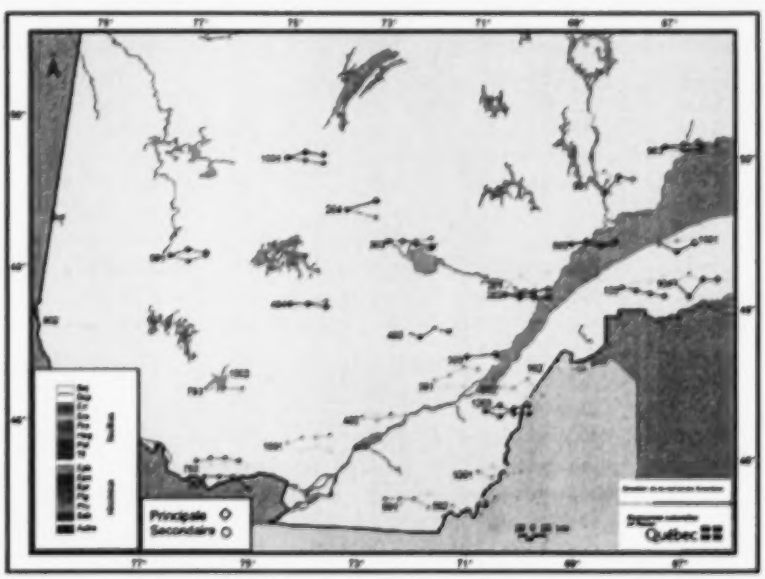


Figure 4. Évolution de la surface terrière de l'essence principale et de l'essence secondaire au cours des différents mesurages.

Tableau 6. Distribution des dix-sept peuplements feuillus du RÉSEF en fonction des groupements d'essences. (Le premier code[1] est celui de l'essence principale du peuplement, le second – entre parenthèses – celui de l'essence secondaire)

	ERS (BOJ)	ERS (ERR)	ERS (FRA)	ERS (HEG)	ERS (PRU)	ERS (SAB)	ERS (TIL)	Total
Lors de l'installation des stations								
Érablière à érable à sucre	3			3	2	1	1	10
Érablière à érable à sucre avec des feuillus d'essences tolérantes à l'ombre	1	2	1	1				5
Feuillus d'essences tolérantes à l'ombre avec des érables à sucre				2				2
Total	4	2	1	6	2	1	1	17
Lors du dernier remesurage des stations								
Érablière à érable à sucre	3			1	2	1	1	8
Érablière à érable à sucre avec des feuillus d'essences tolérantes à l'ombre	1	2	1	2				6
Érablière à érable à sucre avec des hêtres à grandes feuilles				1				1
Feuillus d'essences tolérantes à l'ombre avec des érables à sucre				2				2
Total	4	2	1	6	2	1	1	17

[1] BOJ = Bouleau jaune; ERR = Érable rouge; ERS = Érable à sucre; FRA = Frêne d'Amérique; HEG = Hêtre à grandes feuilles; PRU = Pruche de l'est; SAB = Sapin baumier; TIL = Tilleul d'Amérique

Tableau 7. Distribution des treize peuplements résineux du RÉSEF en fonction des groupements d'essences (Le premier code[1] est celui de l'essence principale du peuplement, le second – entre parenthèses – celui de l'essence secondaire)

	EPR (SAB)	EPN (PET)	EPN (PIG)	EPN (SAB)	SAB (BOP)	SAB (EPB)	Total
Pessière noire à épinette noire		3	2	2			7
Pessière rouge à épinette rouge	1						1
Pessière noire à pin gris			1				1
Sapinière à sapin baumier					1	2	3
Sapinière à sapin baumier avec des épinettes blanches						1	1
Total	1	3	3	2	1	3	13

[1] BOP, Bouleau blanc; EPB, Épinette blanche; EPN, Épinette noire; EPR, Épinette rouge; PET, Peuplier faux tremble; SAB, Sapin baumier

des différents mesurages (deux à quatre périodes de mesurage, soit dix à vingt ans de suivi selon les stations).

Si l'on examine la composition des peuplements, non plus par rapport aux groupements d'essences, mais plutôt en fonction du nombre total d'espèces susceptibles d'atteindre la strate arborescente, les différences entre les stations sont marquées (Figure 5). Au total, dans le RÉSEF, 35 espèces ont le potentiel d'atteindre la strate arborescente (au moins 4 m de hauteur; MRN 1994a) du couvert forestier. Neuf d'entre elles sont des espèces résineuses tandis que les vingt-six autres sont des espèces feuillues (Annexe 2). Toutes les espèces résineuses sont commerciales et seulement huit des vingt-quatre espèces feuillues ne le sont pas (Annexe 2). La majorité de ces 35 espèces sont présentes autant dans la strate arborescente (hauteur > 4 m) des peuplements que dans les autres strates (hauteur ≤ 4 m). Jusqu'à aujourd'hui, seul le thuya occidental n'a pas atteint la strate arborescente des stations dans lesquelles il est présent. À l'inverse, l'aulne rugueux, le mélèze laricin, l'orme rouge, le peuplier baumier et le pin gris ne sont recensés que dans la strate arborescente des stations dans lesquelles ils sont présents. La station 103 est la station feuillue qui a le moins d'espèces susceptibles d'atteindre la strate arborescente (8) et la station 702 est celle qui en a le plus (23).

3.1.2 Évolution de la représentativité de chaque espèce

Au cours des différentes périodes de mesurages, le nombre d'espèces varie généralement peu. Cependant, une station feuillue, la 1201, présente une différence de six espèces entre les différents mesurages (16 en 1987 et 10 en 2003). La station 403, la seule station mélangée du RÉSEF possède dix espèces susceptibles d'atteindre la strate arborescente. Les stations résineuses sont généralement moins diversifiées en espèces susceptibles d'atteindre la strate arborescente que les stations feuillues (Figure 5). La station résineuse la moins diversifiée en espèces susceptibles d'atteindre la strate arborescente est la station 303 avec seulement quatre essences tandis que la station résineuse la plus diversifiée est la station 901 avec treize espèces recensées. Là encore, le nombre d'espèces susceptibles d'atteindre la strate

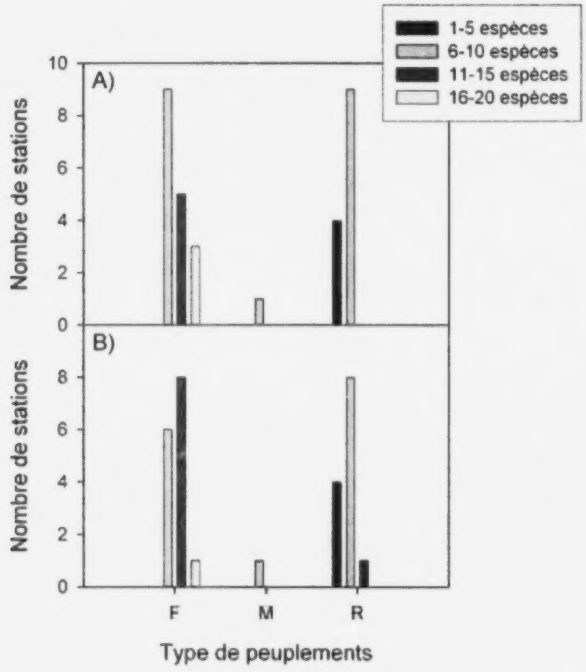


Figure 5. Répartition des 31 stations du RÉSEF en fonction du nombre d'espèces susceptibles d'atteindre la strate arborescente A) lors de l'installation des stations, B) lors du dernier mesurage. La strate arborescente se définit comme celle du couvert forestier dont la hauteur est au moins de 4 m.

arborescente varie peu au cours des différents mesurages. Le maximum de variation observée est de trois espèces et cela arrive dans la station 202 (5 en 1989 et 8 en 2004).

La représentativité relative d'une espèce par rapport aux autres espèces est définie par l'indice de représentativité. Ce dernier s'exprime en pourcentage et illustre l'importance relative d'une espèce par rapport à l'importance des autres espèces de la communauté végétale. Plus cet indice est élevé, mieux l'espèce est représentée au sein de la communauté des espèces recensées. Cet indice tient compte à la fois de la fréquence, de la densité et du couvert (surface terrière) de l'espèce par rapport aux autres espèces. L'annexe 3 indique comment calculer l'indice de représentativité de chaque espèce.

Dans l'exercice présenté dans ce document, l'indice de représentativité des 29 espèces qui ont un DHP supérieur à 1 cm et qui sont susceptibles d'atteindre la strate arborescente a été calculé au moment de l'installation des 31 stations et lors de leur dernier mesurage, et ce, afin de vérifier s'il y a eu un changement de représentativité des espèces les unes par rapport aux autres au cours de la période de suivi qui varie selon les stations de 5 à 15 ans (Tableau 2).

L'évolution de la représentativité relative des espèces au cours du temps est le fruit des changements qui se produisent dans les peuplements forestiers lorsque aucune intervention sylvicole n'y est effectuée. Ces changements résultent soit de leur dynamique naturelle, comme par exemple la diminution de la représentativité des espèces intolérantes à l'ombre avec la fermeture du couvert forestier, soit de perturbations environnementales naturelles (épidémies d'insectes, chablis, verglas, feux) ou d'origine anthropique (pollution atmosphérique, réchauffement climatique).

Dans le RÉSEF, l'espèce la plus représentée, que ce soit en début ou en fin de période de suivi, est l'érable à sucre, tandis que la moins bien représentée est le mélèze laricin au début de la période de suivi et l'aulne rugueux à la fin de la période de suivi. Six espèces représentent à elles seules plus de 70 % de la représentativité totale des espèces recensées (Figure 6). Par ordre de représentativité décroissante, on trouve, lors de l'installation des stations, l'érable à sucre (33 %), le sapin baumier (14 %), l'épinette noire (13 %), le hêtre à grandes feuilles (10 %), l'érable de Pennsylvanie (7 %) et le bouleau jaune (6 %). Lors du dernier mesurage, les mêmes six essences représentent encore plus de 70 % de la représentativité totale des espèces recensées, mais leur ordre d'importance a quelque peu changé. On retrouve en effet, en ordre de représentativité décroissante, l'érable à sucre (34 %), le sapin baumier (13 %), le hêtre à grandes feuilles (12 %), l'épinette noire (12 %), le bouleau

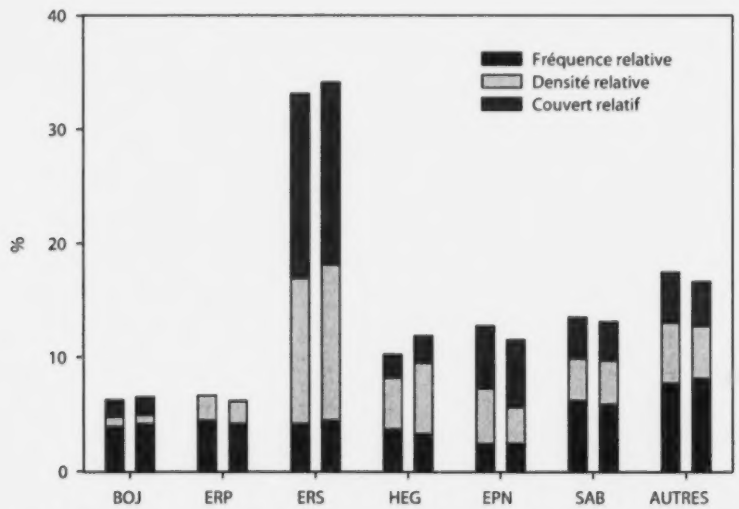


Figure 6. Représentativité relative des six espèces les mieux représentées dans le RÉSEF. Le code des espèces est explicité dans l'annexe 2. Pour une même espèce, l'histogramme de gauche indique les conditions initiales, tandis que celui droite, les conditions observées lors du dernier mesurage.

jaune (7 %) et l'érable de Pennsylvanie (6 %). S'intéresser aux changements de représentativité des espèces permet d'identifier d'éventuelles problématiques environnementales. Ainsi, l'espèce susceptible d'atteindre la strate arborescente dont la représentativité a connu le plus important changement pendant la période de suivi est le hêtre à grandes feuilles. L'augmentation de sa représentativité relative (+ 2 %, ce qui représente une augmentation de représentativité de 25 % par rapport à sa représentativité initiale) n'est pas due à une augmentation de sa fréquence relative, mais à celle de sa densité relative et de son couvert relatif. En effet, la fréquence des tiges de hêtres à grandes feuilles dont le diamètre à hauteur de poitrine est d'au plus à 9 cm a plus que doublé pendant la période de suivi, ce qui explique l'augmentation de la densité relative de cette espèce. De plus, l'augmentation du couvert relatif de cette espèce ne semble pas être due à une augmentation de la surface terrière des tiges marchandes (diamètre à hauteur de poitrine d'au moins 9,1 cm), mais plutôt à la très forte augmentation du nombre de tiges non marchandes. Cependant, lorsque l'on tient compte de l'ensemble des érablières du RÉSEF, cette augmentation de la représentativité relative du hêtre à grandes feuilles ne semble pas s'être faite aux dépends de celle de l'érable à sucre puisque la représentativité relative de l'érable à sucre par rapport à celle des autres espèces a faiblement augmenté, mais augmenté tout de même (augmentation d'environ 1 %).

Par contre, lorsque l'on ne considère que les quatorze érablières qui possèdent le hêtre à grandes feuilles comme essence secondaire, l'augmentation de la représentativité de ce dernier (+ 3 %) s'est majoritairement faite aux dépends de celle de l'érable à sucre (-2 %), comme l'ont observée Duchesne *et al.* (2005). Ces auteurs suggèrent que le hêtre à grandes feuilles profite des conditions environnementales créées par le dépérissement des érables à maturité pour proliférer en sous-étage. Ainsi, dans quatorze des dix-sept érablières du RÉSEF on note un important changement dans la composition forestière. Ce changement, probablement provoqué par une diminution de la fertilité des stations (Duchesne *et al.* 2002, 2005) est survenu sur une période plutôt courte à l'échelle de la vie d'un peuplement (moins de 15 ans) et il pourrait engendrer, dans un avenir relativement proche, un changement d'appellation de ces peuplements. En effet, si les tiges de hêtre continuent à croitre comme elles l'ont fait ces dernières années, ces quatorze érablières vont passer d'érablières à feuillus tolérants à l'ombre, à érablières à hêtre à grandes feuilles, puis à hêtraie à érable à sucre et peut-être à hêtraie à feuillus tolérants à l'ombre. Déjà, trois d'entre elles ont changé d'appellation (réf. 4e paragraphe de la section 4.1.1). Des projets de recherche sont actuellement en cours afin d'essayer de fournir aux aménagistes forestiers des moyens pour contrer l'envahissement des érablières dépérissantes par le hêtre à grandes feuilles (Moore et Ouimet, 2006).

L'épinette noire est l'espèce dont la représentativité relative a le plus changé (-1,3 %) après celle du hêtre à grandes feuilles. La diminution de sa représentativité relative est essentiellement due à une forte diminution de sa densité relative (-5 % lorsque l'on tient compte de l'ensemble des 31 stations; -11 % lorsque l'on ne tient compte que des 13 stations résineuses). À l'inverse, la densité relative du sapin baumier des 13 stations résineuses augmente de 12 %. Le sous-bois de certaines pessières a littéralement été envahi par des gaules de sapin de faibles diamètres (≤ 5cm), ce qui explique pourquoi le couvert relatif du sapin a peu été affecté par cette prolifération. Il faudra suivre, dans les prochaines décennies, l'évolution de cette cohorte afin de voir si elle réussit à atteindre le stade marchand et ainsi pouvoir modifier la trajectoire d'évolution de ces peuplements qui, de pessières pures pourraient devenir des pessières à sapin et même, plus tard, des sapinières à épinette. La perte du nombre de tiges d'épinette noire n'a pas entraîné une diminution de son couvert relatif. Cette diminution peut s'expliquer par la dynamique naturelle des pessières qui, pour la majorité (six pessières sur les neuf du RÉSEF; 203, 404, 801, 902, 903 et 1001), sont en phase d'autoéclaircie.

On observe également une diminution de la représentativité relative de l'ensemble des espèces intolérantes à l'ombre. Ce phénomène s'explique par la dynamique naturelle des peuplements. En effet, avec le vieillissement des peuplements, les couverts forestiers se referment, diminuant ainsi la quantité de lumière qui les traverse, ce qui entraîne le dépérissement des espèces héliophiles. Cette observation laisse supposer que même si ces espèces profitent des trouées créées par les perturbations (TBE, chablis et verglas), leur envahissement ne compense pas leur déclin naturel occasionné par le vieillissement des peuplements.

L'« ensapinage » des pessières et l'« enhêtrage » des érablières dépérissantes sont deux des dix

enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière identifiés par Grondin et Cimon (2003).

3.2 Structure des peuplements

La structure d'un peuplement fait référence à son organisation dans l'espace. Trois composantes permettent de qualifier sa structure : l'âge (structure d'âges), la répartition des tiges en fonction des classes de diamètre (structure diamétrale) ainsi que la répartition des tiges dans le couvert forestier (structure verticale). L'objectif de ce travail était, entre autres, de caractériser l'homogénéité des peuplements par rapport à leur âge et à leurs structures. Un peuplement homogène en âge est qualifié d'équien. À l'inverse, un peuplement constitué de plusieurs classes d'âge est qualifié d'inéquien. Plusieurs facteurs susceptibles d'influencer la structure des peuplements ont été identifiés, mais le facteur le plus évoqué dans la littérature est le temps écoulé depuis la dernière perturbation majeure (feu, chablis important, etc.; Oliver et Larson 1996, Boucher *et al.* 2003). Les peuplements ayant subi une telle perturbation dans un passé récent présentent généralement une structure régulière, autant en âge qu'en distribution diamétrale, alors que les peuplements dont la dernière perturbation majeure remonte plus loin dans le temps, présenteraient des structures plus irrégulières (Smith *et al.* 1997). Parmi les autres facteurs reconnus pour exercer une influence sur la structure des peuplements, on compte les perturbations secondaires, telles les épidémies d'insectes et les petits chablis, qui favoriseraient la formation de structures irrégulières en l'absence prolongée de feux (Hunter 1990). Beaucoup d'auteurs s'accordent à penser que la diversité structurale des peuplements irréguliers procurerait une plus grande variété d'habitats comparativement aux peuplements réguliers, accommodant ainsi davantage d'espèces animales et végétales. Pour ces auteurs, les structures diamétrale et verticale d'un peuplement constituent deux attributs importants liés au maintien de la biodiversité.

3.2.1 Structure d'âges des peuplements

Par convention, on dit que la structure d'âges d'un peuplement résineux est équienne si la différence d'âge entre les arbres les plus jeunes et les plus âgés n'excède pas 20 % de l'âge de révolution du peuplement (Nyland 1996). Au Québec, on dit d'un peuplement qu'il a une structure d'âge équienne lorsque la majorité des tiges ont une différence d'âge d'au plus 20 ans (MRN 2002). Ne pouvant pas véritablement parler d'âge de révolution dans le cas des peuplements feuillus de structure diamétrale irrégulière, une autre approche est employée pour distinguer les peuplements équiens des peuplements inéquiens. Un peuplement feuillu de structure irrégulière est inéquien i) lorsqu'il présente une large gamme de classes d'âges (au moins 3) et de classes de diamètres et ii) qu'il existe une relation linéaire entre l'âge d'une tige et son diamètre.

À partir de ces définitions, la structure d'âges des stations du RÉSEF a été étudiée (Tableau 8A). Nous n'avons pas pu déterminer la structure d'âges des stations 701, 103 et 503 car la dendrochronologie de ces stations n'a pas encore été effectuée. La très grande majorité des stations ont une structure d'âges inéquienne. Quatre-vingt pour cent des stations non résineuses ont une structure d'âge inéquienne contre seulement soixante pour cent des stations résineuses. En effet, seulement trois des dix-sept peuplements feuillus ont une structure d'âges équienne. Il s'agit des stations 501, 502 et 802. Il semblerait donc que ces érablières aient fait l'objet d'une exploitation particulière, ce qui explique pourquoi leurs structures d'âges ne sont pas typiques des peuplements feuillus naturels. Les autres stations ont une structure d'âges inéquienne, typique des peuplements feuillus naturels (Smith *et al.* 1997). Le peuplement mixte (station 403) présente lui aussi une structure d'âges inéquienne.

3.2.2 Structure diamétrale des peuplements

La structure d'un peuplement est le reflet de son historique et un changement soudain dans sa distribution diamétrale peut s'expliquer par le passage d'une perturbation. Plus l'intensité de la perturbation est importante, plus le changement de structure est marqué.

Il est possible de calculer plusieurs indices qui permettent de décrire mathématiquement le type de structure d'un peuplement à un instant donné. Parmi ces indices, on peut citer l'indice de symétrie (*Is*) (Lorimer et Krug 1983), les paramètres b et c de l'équation de Weibull (Bailey et Dell 1973), les coefficients d'asymétrie (skewness, y_1) et d'aplatissement (kurtosis, y_2) des courbes de distribution des classes de diamètres (Brunet 2002) ainsi que l'indice de Shannon-Wiever (Boucher *et al.* 2003).

Lorsque l'on tient compte de ces indices un à un, leur interprétation n'est pas toujours aisée et peut

Tableau 8A. Principales caractéristiques dendrométriques des 31 peuplements du réseau RÉSEF

Station	Période[1]	Ntot[2]	Gtot[3]	Ess. princ		Ess. sec		R[4]	Âge	IQS	Structure	
				Code	%Gtot	Code	%Gtot				Âge[5]	Diamètre[6]
		Tiges/ha	m²/ha						ans	m		
102	1988-2003	1112	35,2	ERS	97	BOJ	1	13	79	14	I	ETG
103	1988-2003	1428	31,1	ERS	83	SAB	10	8	77	12	I	JINV
105	2000	1370	35,1	ERS	66	ERR	19	10	113	10	I	JINV
201	1989-2004	4172	23,8	ERS	60	BOJ	20	15	104	10	I	ETG
301	1986-2001	2120	28,3	ERS	76	HEG	11	12	103	14	I	STO
402	1989-2004	1774	26,9	ERS	46	HEG	42	13	85	14	I	STO
501	1988-2003	1678	33,4	ERS	58	ERR	23	19	86	16	E	STO
502	1988-2003	1722	29,7	ERS	37	HEG	30	14	74	16	E	STO
503	2000	1067	37,7	ERS	95	PRU	4	11	–	–	–	ETG
701	1987-2002	810	28,4	ERS	82	TIL	12	17	–	–	–	JINV
702	1988-2003	822	26,7	ERS	65	FRA	11	23	106	12	I	ETG
703	1990-2000	1432	29,3	ERS	73	PRU	11	16	–	–	–	STO
802	1991-2001	4462	30,9	ERS	93	BOJ	2	12	94	14	E	STO
1201	1987-2002	938	25,8	ERS	89	HEG	9	17	78	14	I	JINV
1202	1987-2002	1216	30,5	ERS	66	HEG	25	9	78	12	I	ETG
1501	1987-2002	2060	28,3	ERS	82	HEG	16	12	87	14	I	STO
1502	1990-2000	882	31,3	ERS	90	BOJ	5	15	70	18	I	JINV
403	1989-2004	3068	24,9	BOJ	51	SAB	35	10	82	8	I	ETG
104	1989-2004	2388	39,1	SAB	72	EPB	14	9	55	14	E	REG
202	1989-2004	3533	22,5	EPN	95	SAB	5	8	63	12	I	JINV
203	1989-2004	2338	34,2	EPN	80	PIG	17	12	82	14	I	IRR
204	1996-2001	7316	38,2	EPN	69	PIG	31	5	60	10	E	REG
303	1998-2003	5596	44,3	SAB	84	BOP	13	4	48	14	I	JINV
404	1990-2000	4068	38,2	EPN	77	PIG	11	11	54	14	E	REG
801	1990-2000	2408	31,9	EPN	86	PET	16	10	59	14	I	REG
901	1989-2004	2232	23,9	SAB	71	EPB	25	13	79	16	I	JINV
902	1989-2004	2692	33,1	EPN	97	PET	1	9	63	12	E	REG
903	1991-2001	5644	45,5	EPN	78	SAB	29	6	62	10	I	JINV
1001	1990-2000	5700	44,8	EPN	92	PET	9	9	55	12	E	REG
1101	1990-2000	4004	44,5	SAB	86	EPB	8	7	60	12	I	REG
1203	1987-2002	1332	32,2	EPR	95	SAB	4	12	79	14	I	IRR

[1] Période entre l'installation de la station et l'année de la dernière campagne de mesures;
[2] Nombre total de tiges dont le DHP est supérieur à 1,1 cm toutes essences confondues mesuré lors de l'installation des stations;
[3] Surface terrière de l'ensemble des tiges ayant un DHP > 1,1 cm mesurée lors de l'installation des stations;
[4] Nombre d'espèces potentiellement arborescentes recensées;
[5] E = structure d'âge équienne; I = structure d'âge inéquienne.
[6] ÉTAG = étagée; IRREG = irrégulière, JINV = « J inversé »; REG = régulière; STOC = stockage.

même parfois être contradictoire. Il est beaucoup plus intéressant de les considérer simultanément car leur combinaison permet d'augmenter l'efficacité de la distinction des différents types de structure (Boucher *et al.* 2003).

Ces différents indices ont été calculés lors de l'installation et du dernier mesurage de chacune des stations du RÉSEF, afin de qualifier la structure initiale de chaque peuplement du RÉSEF et de voir comment, au cours du temps, la structure de chacun a évolué. Par une analyse statistique appropriée, les stations du RÉSEF ont été regroupées en trois groupes, chacun des groupes ayant des indices de structure différents de ceux des autres groupes. Ainsi, il est légitime de penser que toutes les stations qui constituent un groupe ont des structures diamétrales similaires. Cette opération a été faite distinctement pour les stations de type « Résineux » et les stations de type « Feuillus ». La station 403, la seule station mélangée du RÉSEF, a été associée aux stations feuillues car son essence principale est une essence feuillue.

3.2.2.1 Structures diamétrales des stations résineuses

Lors de l'installation des stations, sept des treize peuplements résineux avaient une distribution diamétrale régulière (Tableau 8A). Deux de ces sept peuplements (stations 801 et 1101) avaient une structure d'âges inéquienne et une distribution diamétrale régulière, laquelle est normalement plus typique des peuplements de structure d'âge équienne. Les six autres peuplements avaient une structure d'âges inéquienne et présentaient une distribution diamétrale irrégulière, deux d'entre eux avaient une distribution diamétrale irrégulière proprement dite (stations 203 et 1203), les quatre autres en avaient une en « J inversé » (stations 202, 303, 901 et 903). En général, les peuplements de distribution diamétrale régulière ont une répartition diamétrale plus étroite que celle des peuplements distribution diamétrale irrégulière, l'ensemble des tiges se répartissant en moyenne dans treize classes de diamètre de 2 cm, ont un paramètre *c* de l'équation de Weibull plus élevé, un indice de symétrie également plus élevé et un indice de Shannon-Wiever, plus faible (Figure 7). Lors du dernier mesurage, on observe les mêmes trois groupes de distributions diamétrales, cependant, trois des treize stations ont changé de type de distribution diamétrale dans le temps. Il s'agit des stations 104, 203 et 901. Le peuplement de la station 104 qui, lors de son installation était un peuplement de distribution diamétrale régulière, est devenu un peuplement de distribution diamétrale irrégulière. Un important verglas survenu au cours de l'hiver 1993-1994 a causé une forte mortalité des tiges de diamètre moyen les années suivantes et explique en partie ce changement de distribution diamétrale. La station 901 est passée d'une distribution diamétrale en « J inversé » à une distribution diamétrale irrégulière proprement dite. En effet, lors de son installation cette station était une station très ouverte, avec une forte mortalité des gros arbres. Cette ouverture du couvert a favorisé un très fort recrutement des petites tiges. Lors du dernier mesurage, on compte 6,5 fois plus d'individus dans la classe 2 que lors de l'installation de la station. La station 203 qui présentait une distribution diamétrale irrégulière lors de son installation, présente lors du dernier mesurage une structure irrégulière bimodale, en partie attribuable à un chablis partiel survenu en 2002-2003.

3.2.2.2 Structures diamétrales des stations feuillues et de la station mélangée

Lors de l'installation des stations (Figure 8), les dix-huit stations non résineuses se répartissaient en trois groupes de distributions diamétrales, toutes irrégulières. Les stations 103, 105, 701, 1201 et 1502 avaient une courbe de distribution des classes de diamètres en « J inversé ». Les stations 301, 402, 501, 502, 703, 802 et 1501, avaient une distribution diamétrale irrégulière que l'on pourrait qualifier de « structure de stockage » conformément à Daniel *et al.* (1979). La distribution diamétrale de ces stations se caractérisait par un important déséquilibre entre le nombre de tiges dont le diamètre à hauteur de poitrine correspondait à la classe de diamètre 2 cm et les gaules dont le diamètre à hauteur de poitrine était supérieur à 3 cm; le rapport entre le nombre de gaules de la classe 4 par rapport à celui de la classe 2 variait de 0,05 (station 802) à 0,27 (station 402) et il était en moyenne de 0,17. Finalement, les stations feuillues 102, 201, 503, 702, 1202 et la station mixte (station 403) avaient également une distribution diamétrale irrégulière, mais avec une meilleure répartition du nombre de gaules entre les différentes classes de diamètre; le rapport entre le nombre de gaules de la classe 4 par rapport à celui de la classe 2 variait de 0,33 (station 702) à 0,56 (station 402) et il était en moyenne de 0,43.

Lors du dernier mesurage, on observe les mêmes trois groupes de distributions diamétrales (Figure 9). Un seul site, l'érablière de la station 103

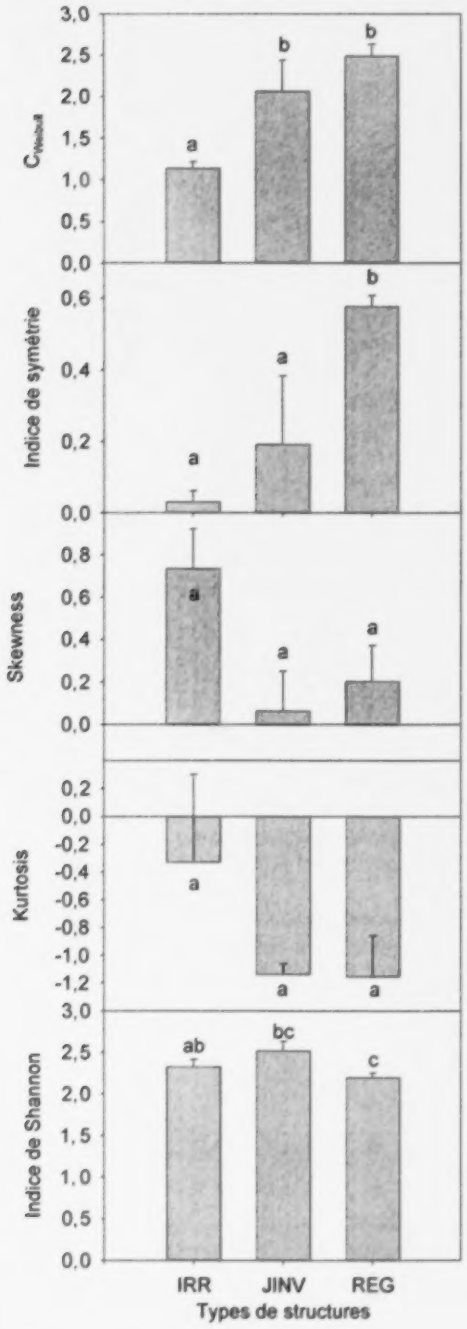


Figure 7. Valeurs moyennes des indices de distribution diamétrale en fonction des différents types de distribution diamétrale identifiés pour les peuplements résineux lors de l'installation. Pour un indice donné, les groupes de distribution diamétrale ayant une même lettre ne sont pas significativement (alpha = 0,05) différents. (IRR = distribution diamétrale irrégulière; JINV = distribution diamétrale en « J inversé »; REG = distribution diamétrale régulière).

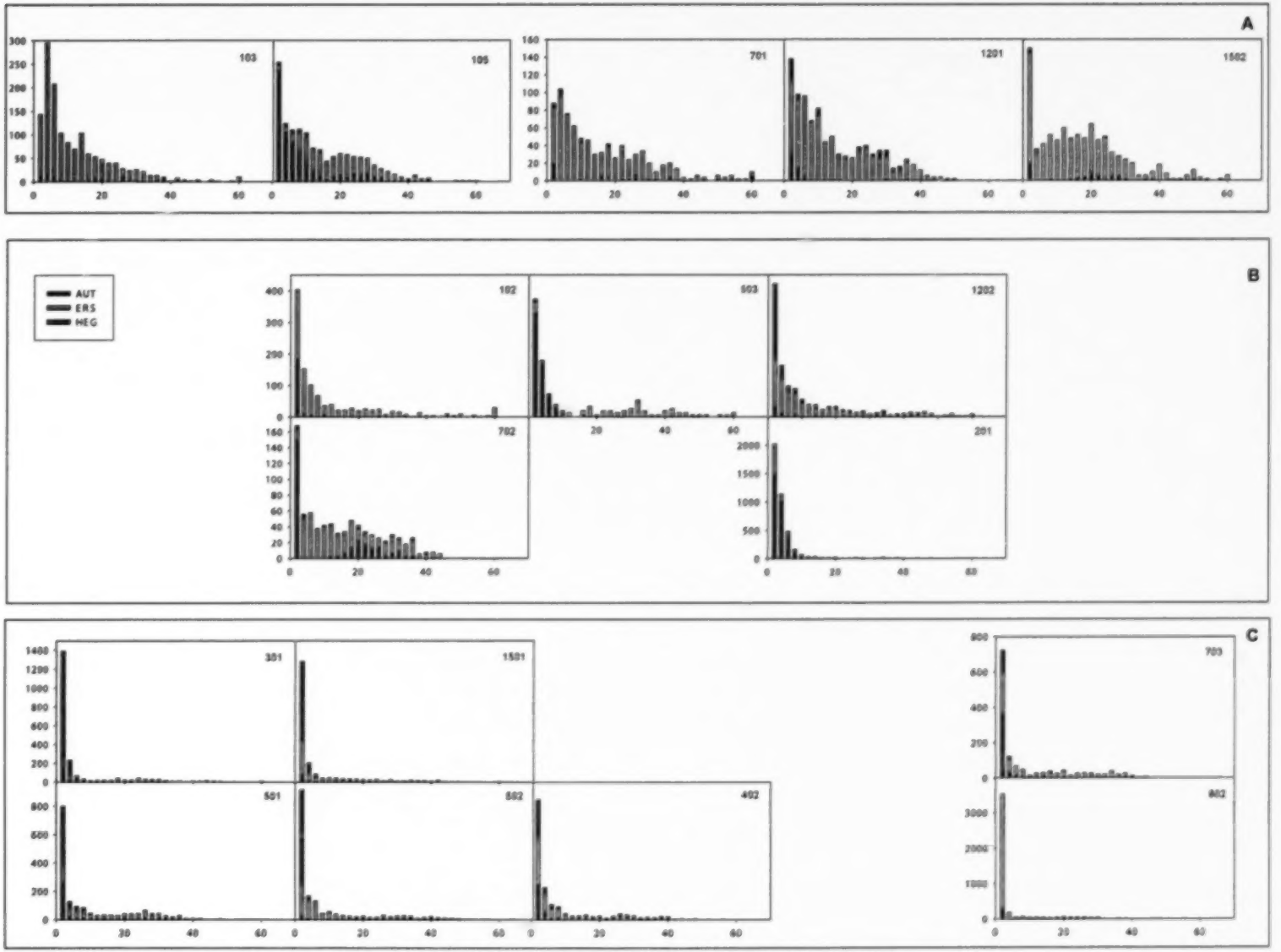


Figure 8. Distributions diamétrales des dix-sept peuplements feuillus observées lors de leur installation
(A : distribution diamétrale irrégulière en « J inversé »; B : distribution diamétrale irrégulière étagée; C : distribution diamétrale de stockage).

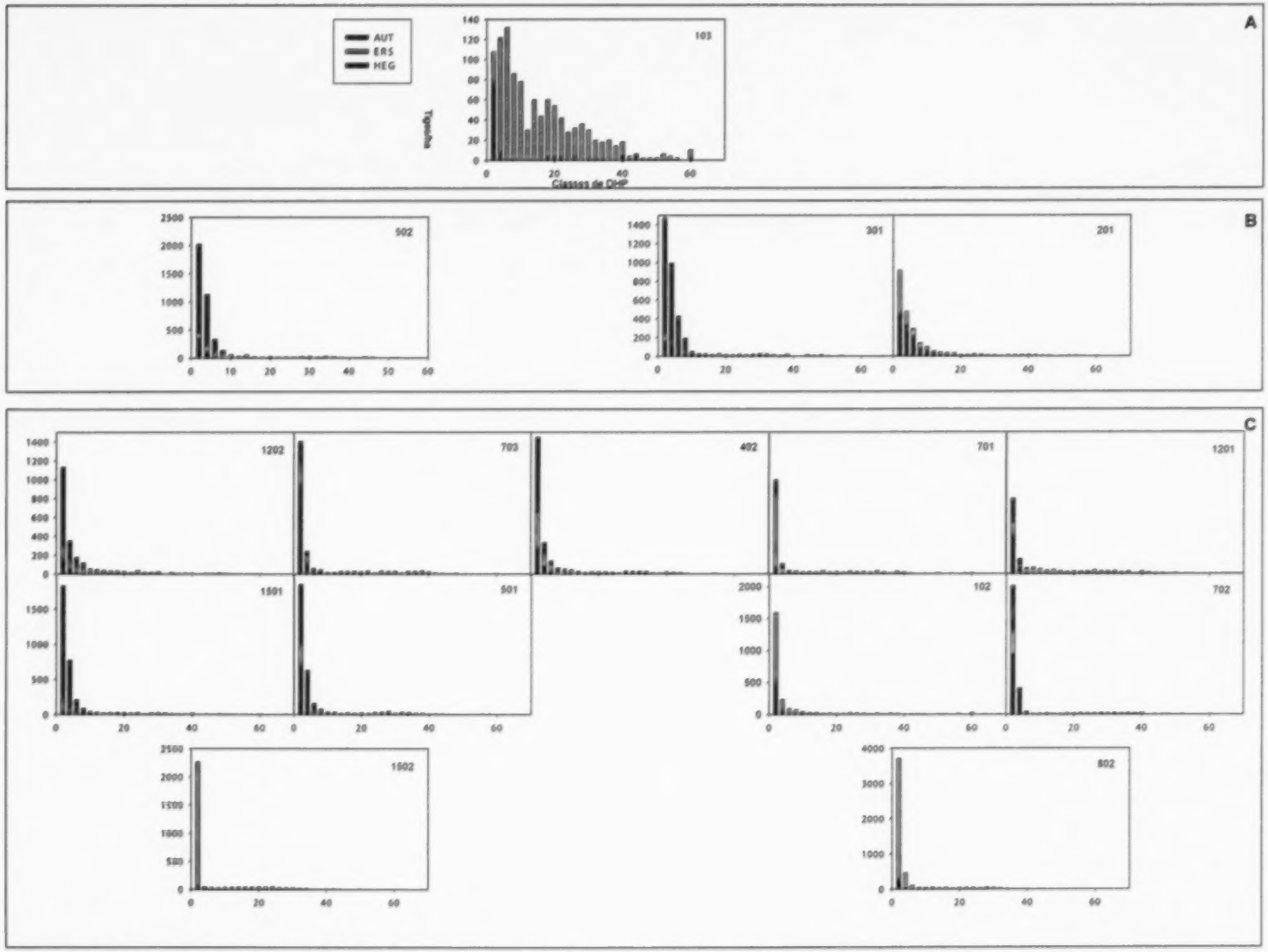


Figure 9. Distributions diamétrales des dix-sept peuplements feuillus observées lors de leur dernier mesurage (A : distribution diamétrale irrégulière en « J inversé »; B : distribution diamétrale irrégulière étagée; C : distribution diamétrale de stockage).

a conservé une distribution diamétrale en « J inversé », caractéristique des peuplements feuillus en équilibre. Onze stations (stations 102, 402, 501, 701, 702, 703, 802, 1201, 1202, 1501 et 1502) ont une distribution diamétrale que l'on pourrait qualifier de distribution diamétrale de stockage. Six d'entre elles ont changé de distribution diamétrale entre le moment où elles ont été installées et leur dernier mesurage (15 ans). Ce sont les stations 102, 701, 702, 1201, 1202 et 1502. Ce changement de distribution diamétrale est occasionné par une explosion du nombre de tiges de très petit diamètre (≤ 3 cm). Plusieurs événements peuvent expliquer ce phénomène. On peut penser au phénomène de l'envahissement de certaines érablieres dépérissantes par le hêtre à grandes feuilles, phénomène précédemment évoqué dans la section 3.1.2. Par exemple, la station 1202 a vu son taux de dépérissement doubler en quinze ans (Tableau 2) et le nombre total de tiges de la classe 2 cm a presque triplé, le nombre de tiges de hêtre dans cette classe de diamètre étant quant à lui, multiplié par un facteur de 3,5. On peut quasiment observer le même phénomène dans la station 1201. La station 1201 est une autre érablière dépérissante dont le pourcentage de transparence du couvert a lui aussi augmenté en quinze ans, favorisant une prolifération des petites gaules, là aussi essentiellement des gaules de hêtre dont le nombre a été multiplié par un facteur de 2,7. Un autre type de perturbation comme le grand verglas de 1998 peut aussi engendrer un tel changement de structure. C'est par exemple le cas de la station 701. Dans cette station, le nombre de gaules dont le DHP est d'au plus 3 cm a été multiplié par douze en quinze ans. Cependant, contrairement aux érablières dépérissantes, l'ouverture du couvert à la suite du verglas a profité à un plus grand nombre d'espèces puisque le nombre de tiges qui ne sont ni de l'érable à sucre, ni du hêtre à grandes feuilles a été multiplié par six dans la première classe de diamètre des gaules. Ces observations corroborent celles rapportées par Whitney et Johnson (1984) qui soulignent que des perturbations comme le verglas accélèrent la succession forestière et modifient la composition des peuplements. Les stations feuillues 201, 301 et 502, ainsi que la station mixte 403 constituent le dernier groupe de distribution diamétrale, groupe qui se caractérise par une moins importante disproportion de la plus petite classe de diamètre. Les stations 301 et 501 ont changé de groupe de distributions diamétrales durant la période d'observation.

Il est à noter que nous n'avons pas pu déceler de relation entre la surface terrière marchande ou le nombre de tiges marchandes du peuplement et le nombre de tiges, la densité des gaules et la représentativité des essences. Ces observations indiquent que le verglas et le dépérissement provoquent une ouverture du couvert qui favorise le recrutement des gaules. Par contre, cela ne se traduit pas nécessairement par une diminution de la surface terrière totale du peuplement ou encore par une augmentation à court terme de la mortalité des tiges.

3.2.3 Structure verticale des peuplements

3.2.3.1 Lors de l'installation des stations

Par convention, nous avons décidé que les arbres dont le statut social était « dominant », « vétéran » et « codominant » constituaient l'étage principal du peuplement. Les autres arbres en constituaient le sous-étage. Une distinction est cependant faite entre les tiges marchandes (DHP > 9 cm) du sous-étage et les tiges non marchandes également appelées gaules. Cette distinction du peuplement en trois étages permet de caractériser la structure verticale des peuplements et permet également d'estimer différents descripteurs sylvicoles classiques tels que le nombre de tiges à l'hectare de l'étage principal, la surface terrière moyenne (g_m) d'un arbre de l'étage principal et le diamètre de l'arbre de surface terrière moyenne (d_g).

La surface terrière moyenne de l'étage principal correspond à la surface terrière de l'étage principal divisée par le nombre de tiges de l'étage principal. Le diamètre de l'arbre moyen, ou diamètre quadratique moyen, se calcule à partir de la surface terrière moyenne.

$$d_g = \sqrt{\frac{4 * g_m}{\pi}}$$

Comme on s'y attendait, la structure verticale des peuplements diffère d'un peuplement à l'autre (Figure 10). Dans les stations mixte et feuillues, les gaules représentent au moins 32 % (station 1502) et au plus 91 % (station 201) du nombre total de tiges du peuplement. Elles peuvent n'avoir aucune influence sur la surface terrière du peuplement (station 1502) et, au maximum, elles en représentent 18 % (station 201). Les arbres marchands qui ne sont ni dominants, ni codominants, que nous considérons donc comme constituant le sous-étage des peuplements peuvent représenter de 4 % (stations 201 et 802) à 26 % (stations 105 et 1502)

du nombre total de tiges du peuplement et de 2 % (station 702) à 16 % (stations 105 et 403) de la surface terrière totale du peuplement. Les arbres de l'étage principal du peuplement, lesquels constituent le couvert du peuplement, représentent de 4 % (station 201) à 55 % (station 702) du nombre de tiges et de 70 % (station 201) à 96 % (station 702) de la surface terrière totale du peuplement.

Les gaules des treize stations résineuses du RÉSEF représentent de 26 % (stations 104 et 1203) à 66 % (station 204) du nombre total de tiges des peuplements et de 3 % (station 1203) à 31 % (station 204) de leurs surfaces terrières. Les arbres qui constituent le sous-étage de ces peuplements résineux représentent de 11 % (station 204) à 31 % (station 801) du nombre total de tiges et de 13 % (station 104) à 28 % (station 801) de leurs surfaces terrières. Les arbres de l'étage principal représentent de 21 % (station 202) à 53 % (station 104) du nombre total de tiges du peuplement et de 51 % (station 204) à 82 % (station 104) de la surface terrière du peuplement.

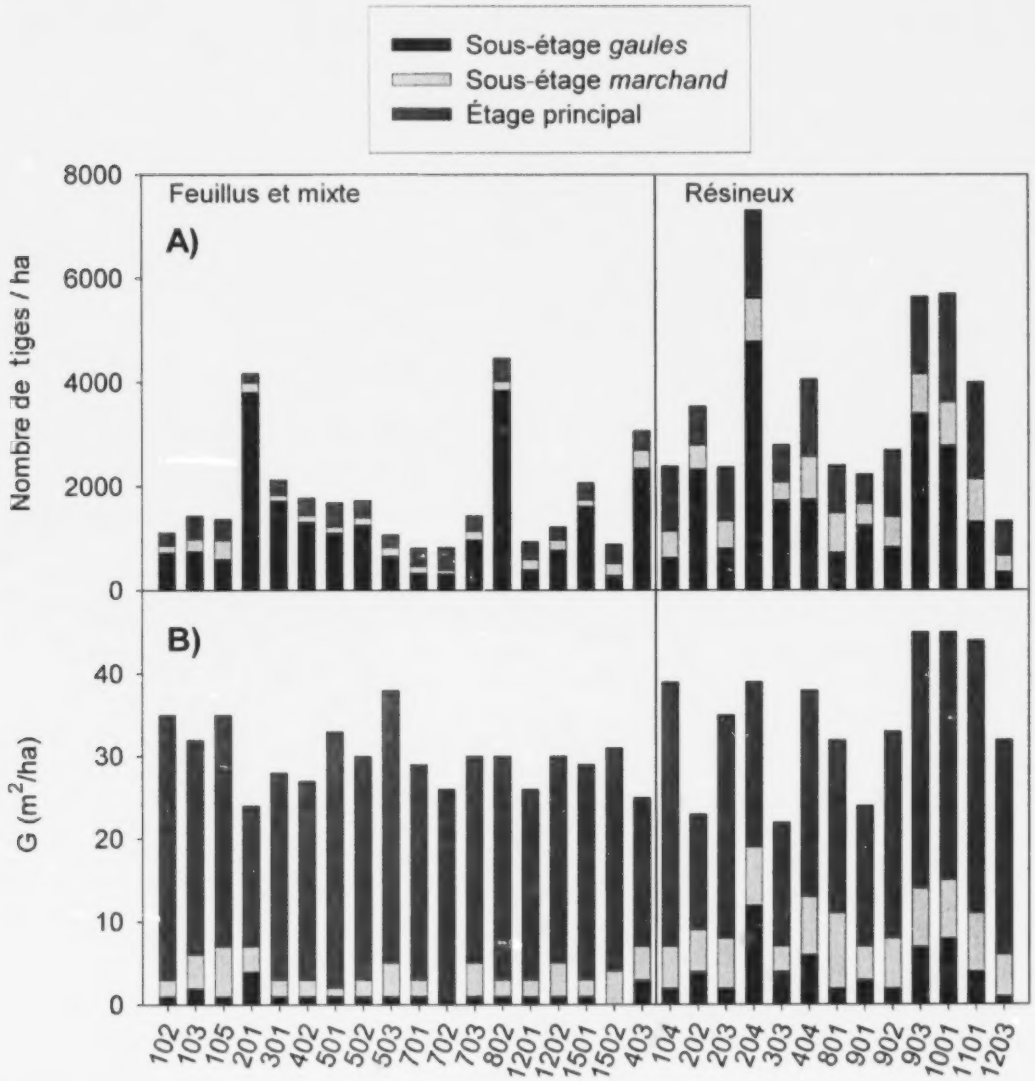


Figure 10. Structure verticale des 31 stations du RÉSEF par rapport à leur densité (A) et leur surface terrière (B), lors de l'installation.

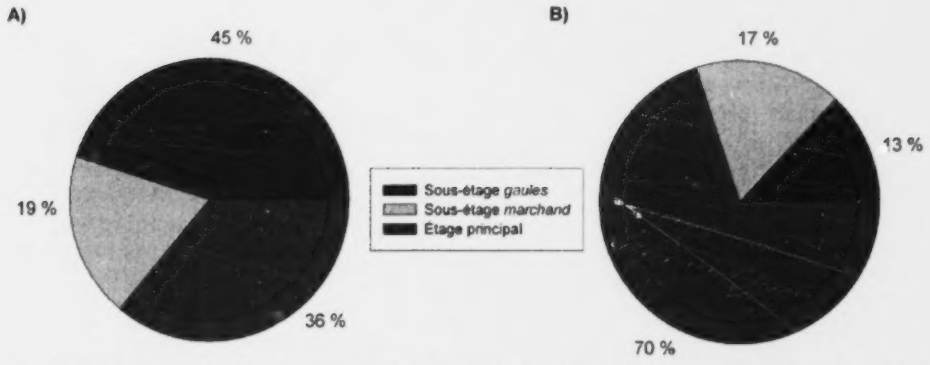


Figure 11. Structures verticales moyennes des peuplements résineux en fonction du nombre de tiges à l'hectare (A) et de la surface terrière (B) lors de l'installation.

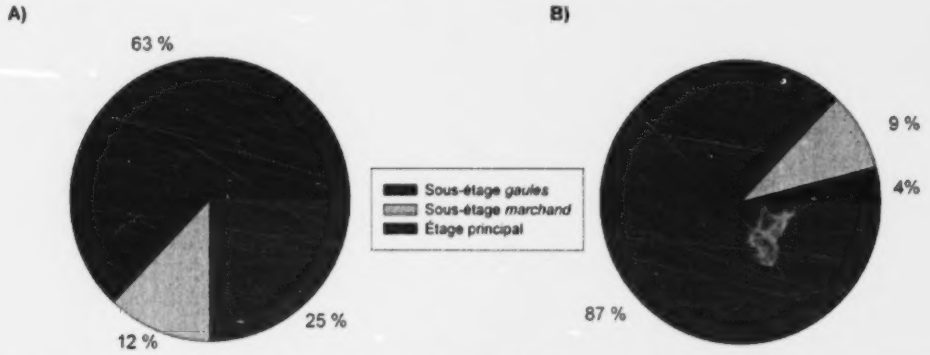


Figure 12. Structures verticales moyennes des peuplements non résineux en fonction du nombre de tiges à l'hectare (A) et de surface terrière (B) lors de l'installation.

En général, les peuplements résineux présentent une meilleure représentativité des trois étages que les peuplements feuillus. Cependant, les répartitions des trois étages « gaules » « arbres marchands du sous-étage » et les « arbres marchands de l'étage principal » diffèrent en fonction du type de peuplement et de ce que l'on considère comme étant la densité du peuplement exprimée en nombre de tiges ou en surface terrière. Dans les peuplements résineux du RÉSEF, 45 % des tiges du peuplement sont des gaules et représentent 13 % de la surface terrière totale du peuplement, 19 % composent le sous-étage des peuplements et représentent 17 % de la surface terrière totale du peuplement et enfin, 36 % du nombre total de tiges du peuplement constituent l'étage principal et représentent 70 % de la surface terrière du peuplement (Figure 11). La représentativité des peuplements mixte et feuillus diffère beaucoup de celle des peuplements résineux (Figure 12) : les tiges des stations feuillues sont essentiellement des gaules (63 %), mais ces dernières ne représentent que 4 % de la surface terrière totale de ces peuplements. Ce sont les tiges de l'étage principal qui représentent plus des trois quarts (87 %) de la surface terrière totale du peuplement même si leur nombre ne représente que 25 % du nombre total de tiges.

La surface terrière moyenne des arbres de l'étage principal des stations résineuses varie de 116 cm²/arbre (station 204) à près de 390 cm²/arbre (station 503) et est en moyenne de 220 cm²/arbre tandis que le diamètre quadratique moyen varie de 12 cm (station 204) à 22 cm (station 1203) et est en moyenne de 16 cm (Tableau 8B). La surface terrière moyenne des arbres de l'étage principal des pessières noires ne diffère pas significativement de celle des sapinières ($p = 0,1318$). Il en est de même en ce qui concerne le diamètre quadratique moyen de ces peuplements ($p = 0,1403$ respectivement). La surface terrière moyenne des arbres de l'étage principal des stations mixte et feuillues (Tableau 8B) varie de 460 cm²/arbre (station 403)

Tableau 8B. Principales caractéristiques dendrométriques des 31 peuplements du réseau RÉSEF

Station	Période[1]	Gprinc[2] m²/ha	Gm[3] cm²/arbre	Dg[4] cm	Volume m³/ha	AAP-G[5] m²/ha/an	AAP-V[6] m³/ha/an	AAM-V[7] m³/ha/an	AAP-H[8] cm/an	Mortalité[9] m³/ha/an
102	1988-03	32,3	1241	39,8	295	-0,1	0,0	–	12	3,1
103	1988-03	26,0	570	26,9	213	0,2	5,5	–	23	1,5
105	2000	28,3	684	29,5	285	–	–	–	–	–
201	1989-04	16,7	906	34,0	149	0,2	2,1	–	5	1,5
301	1986-01	25,1	854	33,0	237	0,0	-1,5	–	-8	4,5
402	1989-04	23,9	684	29,5	218	0,2	2,2	–	4	2,4
501	1988-03	31,0	663	29,1	293	-0,1	-0,5	–	5	2,8
502	1988-03	27,1	820	32,3	250	0,0	-3,0	–	-10	5,1
503	2000	32,6	1287	40,5	368	–	–	–	–	–
701	1987-02	26,0	719	30,3	247	0,1	0,9	–	2	2,2
702	1988-03	25,8	573	27,0	248	0,1	2,3	–	13	1,9
703	1990-00	24,8	834	32,6	250	0,2	4,0	–	13	0,4
802	1991-01	27,3	612	27,9	220	0,0	1,7	–	11	2,9
1201	1987-02	22,6	642	28,6	189	0,4	2,6	–	2	1,4
1202	1987-02	25,5	988	35,5	224	-0,1	-1,2	–	1	4,3
1501	1987-02	25,8	787	31,6	238	0,2	1,5	–	1	2,5
1502	1990-00	26,6	719	30,3	250	0,0	1,1	–	9	3,5
403	1989-04	17,8	459	24,2	137	-0,9	3,3	–	17	1,5
104	1989-04	31,9	189	18,0	199	0,6	0,3	0,3	17	4,9
202	1989-04	14,1	257	15,5	79	-0,3	3,5	1,3	15	0,8
203	1989-04	26,8	116	18,1	216	-0,2	0,9	2,6	13	1,8
204	1996-01	19,8	170	12,2	106	0,0	4,4	1,8	15	0,6
303	1998-03	30,6	212	16,4	219	0,6	7,5	4,2		<0,1
404	1990-00	25,4	194	14,7	173	0,0	5,7	3,6	21	1,6
801	1990-00	21,2	211	17,1	167	0,2	5,3	3,6	22	0,7
901	1989-04	17,2	143	19,7	127	0,4	3,4	1,8	10	2,6
902	1989-04	24,9	390	15,7	148	-0,5	0,0	6,2	7	1,9
903	1991-01	31,4	254	16,4	179	0,3	6,0	4,1	18	0,7
1001	1990-00	29,8	212	13,5	172	0,1	6,0	3,1	19	1,0
1101	1990-00	33,4	303	15,1	171	-0,4	3,4	2,9	20	2,4
1203	1987-02	26,2	179	22,3	223	-0,1	0,4	2,8	12	1,5

[1] Période entre l'installation de la station et l'année de la dernière campagne de mesures;

[2] Surface terrière des tiges qui constituent l'étage principal du peuplement (tiges dominantes et codominantes) mesurée lors de l'installation des stations;

[3] Surface terrière de l'arbre moyen de l'étage principal;

[4] Diamètre moyen quadratique mesuré lors de l'installation des stations;

[5] Accroissement annuel périodique en surface terrière. Il a été calculé comme étant la différence entre la surface terrière totale mesurée lors de la dernière campagne de mesures et la surface terrière totale mesurée lors de l'installation, divisée par le nombre d'années qui sépare l'installation du dernier mesurage;

[6] Accroissement annuel périodique en volume. Il a été calculé comme étant la différence entre le volume vivant mesuré lors de la dernière campagne de mesures et le volume vivant mesuré lors de l'installation, divisée par le nombre d'années qui sépare l'installation du dernier mesurage;

[7] Accroissement annuel moyen en volume. Il a été calculé comme étant la différence entre le volume vivant mesuré lors de l'installation de la station, divisée par son âge;

[8] Accroissement annuel périodique en hauteur. Il a été calculé comme étant la différence entre la hauteur moyenne mesurée lors de la dernière campagne de mesures et la hauteur moyenne mesurée lors de l'installation, divisée par le nombre d'années qui sépare l'installation du dernier mesurage;

[9] La mortalité a été calculée comme étant la différence entre le volume mort mesuré lors de la dernière campagne de mesures et le volume mort mesuré lors de l'installation, divisée par le nombre d'années qui sépare l'installation du dernier mesurage;

à près de 1 300 cm²/arbre (station 503) et est en moyenne de 780 cm²/arbre tandis que le diamètre quadratique moyen varie de 24 cm (station 403) à 40 cm (station 503) et est en moyenne de 30 cm.

3.2.3.2 Changements de structure verticale observés entre l'installation des stations et leur dernier mesurage

Pendant la période de suivi, le nombre de tiges de l'étage principal a diminué dans toutes les stations non résineuses du RÉSEF. Le taux de diminution varie de 9 % (station 703) à 40 % (station 702). Dans quatorze des dix-huit stations non résineuses, cette diminution du nombre de tiges a entraîné une diminution de la surface terrière de l'étage principal, diminution qui varie de 1 % (station 701) à 38 % (station 201). À l'inverse, quatre stations ont vu la surface terrière de l'étage principal augmenter et ce, malgré la diminution du nombre de tiges. Ce sont les stations 703, 403, 1201 et 103 dont les surfaces terrières de l'étage principal ont respectivement augmenté de 6, 9, 9 et 13 %. Cette diminution de la surface terrière de l'étage principal des érablières peut s'expliquer soit par le phénomène du dépérissement (stations 301 et 1502 par exemple), soit par la tempête de verglas survenue au cours de l'hiver 1998 (station 701, station la plus touchée par le verglas) ou par une combinaison de ces deux phénomènes (station 502 par exemple).

Le nombre de tiges marchandes en sous-étage a augmenté dans toutes les stations à l'exception de la station 1502 où il a diminué de 4 %. Le pourcentage d'augmentation du nombre de tiges dans les dix-sept autres stations varie de 6 % (station 703) à 108 % (station 702). La surface terrière des tiges marchandes du sous-étage de toutes les stations non résineuses du RÉSEF a augmenté pendant la période de suivi; cette augmentation varie de 3 % (station 1502) à 422 % (station 702).

Le nombre de gaules de trois des dix-huit stations non résineuses, les stations 403, 201 et 103 a diminué respectivement de 22, 47 et 55 %, entraînant une diminution respective de la surface terrière de l'étage des gaules de ces peuplements de 27, 47 et 35 %. Dans les quatorze autres stations, le nombre de tiges de l'étage des gaules a augmenté et dans huit d'entre elles, il a plus que doublé, allant même jusqu'à être multiplié par un facteur de 7 (station 702) et de 8 (station 1502). Dans treize de ces quatorze stations, l'augmentation du nombre de gaules s'est accompagné d'une augmentation de la surface terrière de cet étage, augmentation qui varie de 15 % (station 402) à 318 % (station 301). Seule la surface terrière de l'étage des gaules de la station 701 a diminué de 15 %, bien que le nombre de tiges de cet étage ait quasiment triplé. Ce changement de représentativité de la strate inférieure du peuplement (gaules), par rapport à celle des deux strates supérieures que sont le sous-étage marchand et l'étage principal, se reflète dans le changement de structure diamétrale observé dans la section précédente.

Ce changement est le résultat de deux types de perturbations : le dépérissement et le verglas de l'hiver 1998. En effet, six des dix-huit stations non résineuses ont été touchées par le verglas survenu au cours de l'hiver 1998 (les stations 501, 502, 701, 702, 1201 et 1501; Tableau 2). Les deux stations les plus perturbées par ce verglas sont les stations 701 et 702. Dans toutes ces stations, le nombre de tiges non marchandes a en moyenne augmenté de 253 %.

L'augmentation très importante du nombre de gaules dans la station 1502 peut s'expliquer par le dépérissement des érablières. En effet, le taux de dépérissement de cette érablière a triplé en dix ans (Tableau 2). Ces deux perturbations (verglas et dépérissement), en entraînant une ouverture du couvert et donc une augmentation de la quantité de lumière qui arrive au sol, ont facilité l'installation des semis et la croissance des gaules.

À l'exception de la station 801, le nombre de tiges de l'étage principal des stations résineuses diminue pendant la période de suivi. Le taux de diminution varie de 8 % (stations 404 et 903) à 61 % (station 104). Dans un peu plus de la moitié des stations, cette diminution du nombre de tiges de l'étage principal s'accompagne d'une diminution de la surface terrière de cet étage, diminution qui varie de 1 % (station 1101) à 31 % (station 104). À l'inverse, dans cinq des treize stations résineuses (stations 202, 404, 901, 903 et 1001), la perte de tiges de l'étage principal ne s'est pas accompagnée d'une perte de surface terrière. Ce phénomène peut s'expliquer par la dynamique naturelle des peuplements lesquels, lorsqu'ils sont trop denses, perdent des tiges au profit de l'augmentation de la surface terrière des tiges restantes. C'est la phase d'autoéclaircie de la dynamique des peuplements résineux et la très grande majorité des peuplements résineux du RÉSEF sont en autoéclaircie. La surface terrière des tiges marchandes du

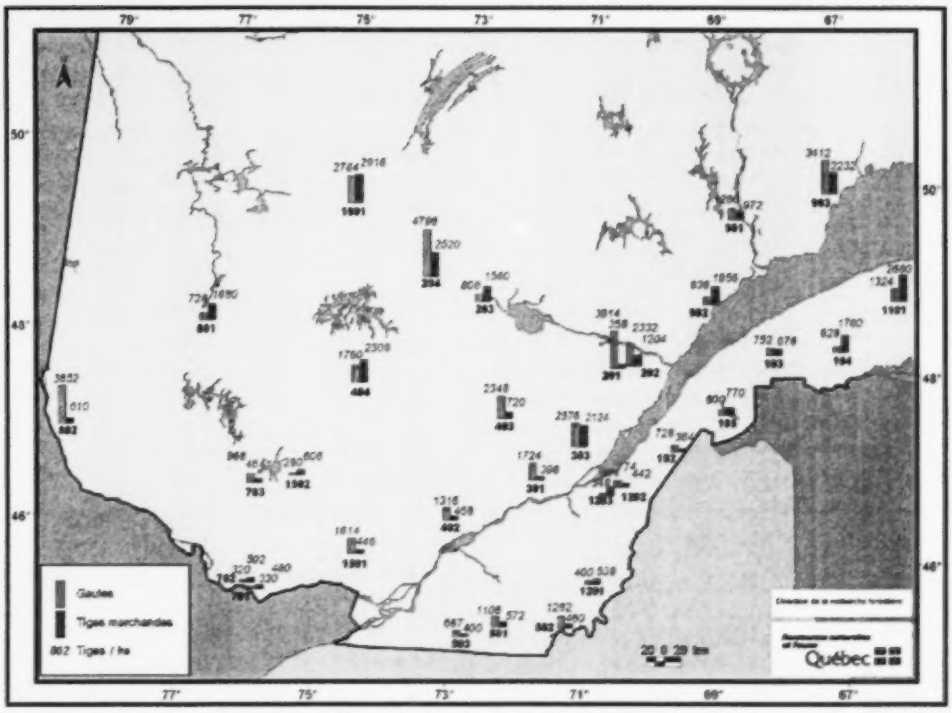


Figure 13. Nombre de tiges à l'hectare dénombrées lors de l'installation des 31 stations du RÉSEF.

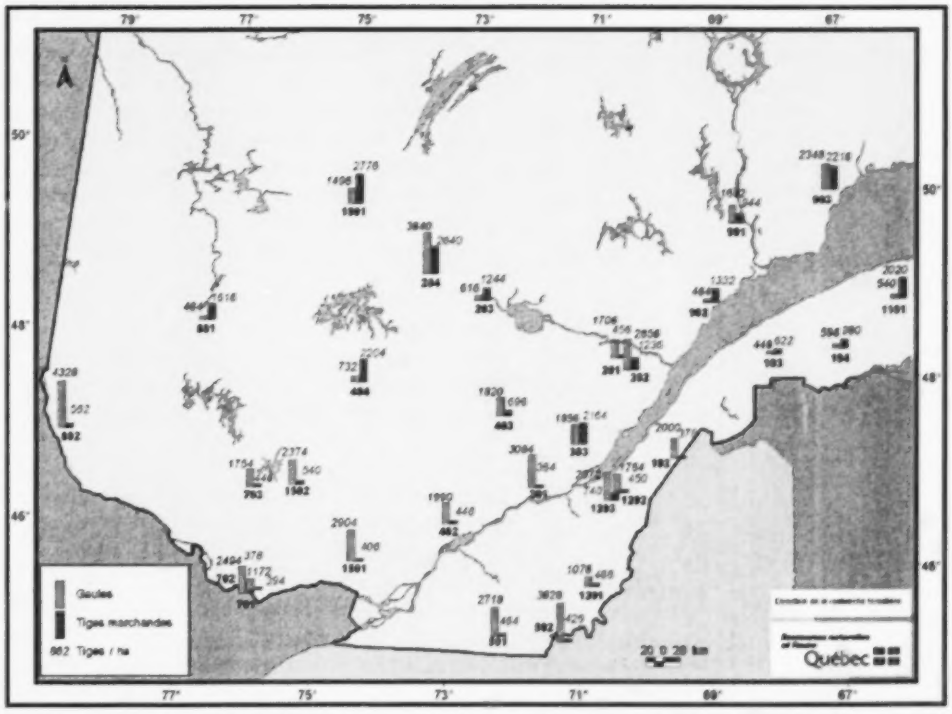


Figure 14. Nombre de tiges à l'hectare dénombrées lors du dernier mesurage des 29 stations du RÉSEF. Deux stations n'ont été mesurées qu'une seule fois et n'apparaissent donc pas sur cette carte.

sous-étage a augmenté dans dix des treize peuplements résineux, augmentation qui varie de 13 % (station 404) à 91 % (station 901). Celle des stations 801, 1101 et 1203 a diminué pendant la période de suivi respectivement de 1, 23 et 13 %. Le nombre de gaules de onze des treize stations a diminué de 19 % (station 204) à 68 % (station 104). Dans ces onze stations, cette diminution du nombre de gaules s'est accompagnée d'une diminution de la surface terrière de cet étage, diminution de surface terrière qui varie de 19 % (station 204) à 68 % (station 104). Deux stations se distinguent, la station 202 et surtout, la station 1203. Dans ces deux stations, le nombre de gaules et la surface terrière de cet étage augmentent. Dans la station 202, le nombre de gaules augmente de 22 % tandis que la surface terrière de cet étage augmente de 9 %. Dans la station 1203, le nombre de gaules est multiplié par un facteur 6 et la surface terrière de cet étage a presque doublé.

Tous ces changements de structure verticale s'expliquent par la dynamique naturelle de ces peuplements, en plus de deux stations qui ont connu une pertubation majeure. La station 104 a été touchée par un verglas durant l'hiver 1993-1994, ce qui peut expliquer la diminution de 34 % de son nombre de tiges et de 23 % de la surface terrière totale; les strates les plus perturbées étant l'étage principal et les gaules. La station 1203 a été perturbée par un important chablis qui a touché 25 % des tiges marchandes, entraînant une baisse de 9 % de la surface terrière marchande du peuplement.

3.3 Densité des peuplements

La densité des peuplements joue un rôle important dans la croissance des arbres en conditionnant le partage des ressources disponibles entre les différents arbres du peuplement et donc le niveau de concurrence interindividuelle. De trop fortes densités, en induisant une compétition accrue pour la lumière, l'eau et les nutriments, peuvent amplifier l'effet d'un stress environnemental. Plus la densité d'un peuplement est élevée, moins l'accroissement en diamètre des troncs et des branches est important. Elle est habituellement mesurée par le nombre d'arbres à l'hectare et par sa surface terrière totale à l'hectare. Ces deux caractéristiques déterminent la densité d'un peuplement à un instant donné. Afin d'évaluer le niveau moyen de concurrence subie par les arbres au cours de leur croissance, nous avons étudié les valeurs du rapport hauteur sur diamètre (H/d), également appelé facteur d'élancement, de tous les arbres de l'étage principal des peuplements.

3.3.1 Densité des peuplements résineux

La surface terrière totale (G_{tot}), calculée comme étant la somme de la surface terrière des gaules et des arbres marchands, des treize stations résineuses variait de 22 m²/ha (station 202) à 45 m²/ha (station 903) lors de l'installation et de 28 m²/ha (station 901) à 49 m²/ha (station 903) lors du dernier remesurage. Lors de l'installation des stations, la surface terrière des gaules représentait de 2 % (station 1203) à 30 % (station 204) de la surface terrière totale des peuplements. Le nombre de tiges total, calculé comme étant la somme des gaules et des tiges marchandes vivantes, variait de 1 332 tiges/ha (station 1203) à 7 316 tiges/ha (station 204) lors de l'installation des stations (Figure 13) et de 1 576 tiges/ha (station 104) à 6 480 tiges/ha (station 204) lors du dernier remesurage (Figure 14). Lors de leur installation, le nombre de gaules représentait de 26 % (stations 104 et 1203) à 66 % (stations 202 et 204) du nombre total de tiges des peuplements résineux et de 21 % (station 1101) à 78 % (station 1203) lors du dernier mesurage.

3.3.2 Densité des peuplements feuillus et du peuplement mixte

La surface terrière totale, calculée comme étant la somme de la surface terrière des gaules et des arbres marchands, des dix-huit stations non résineuses variait de 23,8 m²/ha (station 201) à 37,7 m²/ha (station 503) lors de l'installation (Tableau 8B) et de 25,7 m²/ha (station 201) à 34,2 m²/ha (station 103) lors du dernier mesurage. Lors de l'installation des stations, la surface terrière des gaules représentait de 1,5 % (station 503) à 17 % (station 201) de la surface terrière totale des peuplements et de 2 % (station 701) à 15,7 % (station 301) lors du dernier mesurage. Le nombre de tiges total, calculé comme étant la somme des gaules et des tiges marchandes vivantes variait de 810 tiges/ha (station 701) à 4 462 tiges/ha (station 802) lors de l'installation des stations (Figure 13) et de 1 070 tiges/ha (station 103) à 4 890 tiges/ha (station 802) lors de leur dernier mesurage (Figure 14). Lors de leur installation, le nombre de gaules représentait de 32 % (station 1502) à 91 % (station 201) du nombre total de tiges des peuplements non résineux et de 42 % (station 103) à 90 % (station 502) lors du dernier mesurage.

3.3.3 Facteur d'élancement : H/d

Plus un arbre a été concurrencé au cours de son développement, plus la valeur de son facteur d'élancement est élevée, car la croissance en diamètre est influencée par la concurrence interindividuelle alors que la hauteur ne l'est pas, sauf dans les cas de densités extrêmes. Les dominants et les codominants ont généralement un facteur d'élancement inférieur à 100. Le rapport d'élancement est également un indicateur de la vulnérabilité au chablis d'un peuplement. D'une manière générale, un peuplement ayant un facteur d'élancement inférieur à 60 (Stathers *et al.* 1994) ou à 80[1] selon les études, est peu vulnérable au chablis alors qu'à l'inverse, un peuplement ayant un facteur d'élancement supérieur à 100, est très vulnérable au chablis. Évidemment, le rapport d'élancement n'est pas le seul facteur qui explique la vulnérabilité d'un peuplement au chablis, mais c'est l'un des principaux (Stathers *et al.* 1994).

D'une manière générale, la compétition interindividuelle des tiges des treize peuplements résineux du RÉSEF est plus élevée que celle des stations feuillues et de la station mixte (Figure 15). Des dix-sept érablières du RÉSEF, la station 702 est celle dont le peuplement a le plus fort facteur d'élancement alors que la station 1202 est celle dont le peuplement a le plus faible facteur d'élancement et ce, autant lors de leur installation que du dernier mesurage (Figure 15A). Advenant un vent d'une force plus élevée que la moyenne, au moins quatre des treize stations résineuses seraient vulnérables à un chablis : ce sont les stations 203, 204, 404 et 1001 qui présentaient les valeurs du facteur

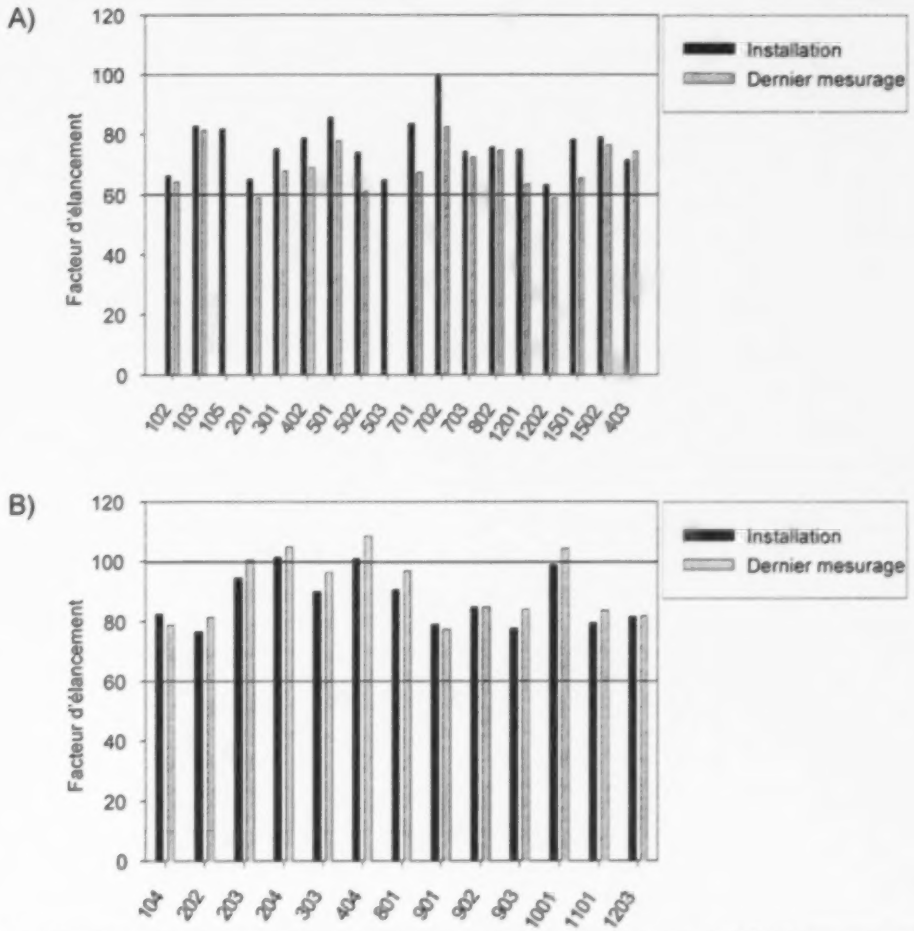


Figure 15. Facteur d'élancement (H/d) des dix-huit stations non résineuses du RÉSEF (A) et des treize stations résineuses du RÉSEF (B) mesuré lors de leur installation et lors de leur dernier mesurage.

[1] http://www.foretpriveefrancaise.com/?IDINFO=67496

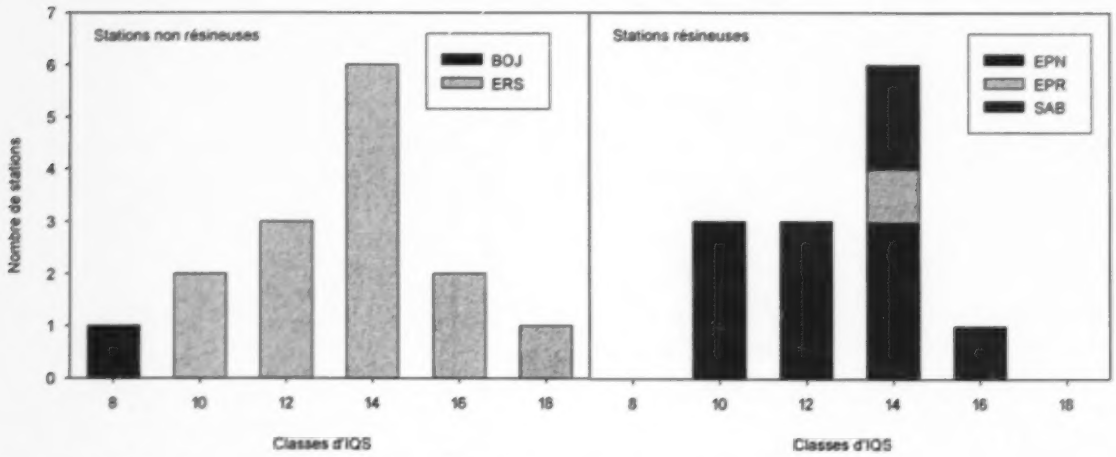


Figure 16. Répartition des 31 stations du RÉSEF en fonction de leur classe d'IQS.

d'élancement les plus élevées (> 100) lors du dernier mesurage (Figure 15B).

3.4 Productivité des peuplements du RÉSEF

En général, lorsque l'on parle de productivité d'un peuplement, on fait référence à la notion de volume de bois vivant sur pied et non à toute la biomasse végétale vivante du peuplement. Seuls les arbres marchands commerciaux ont été comptabilisés dans le calcul du volume du peuplement. L'équation utilisée pour le calcul du volume de chaque tige marchande du peuplement est la suivante :

$$V = a + b * dhp^2 + c * h + d * dhp * h + e * dhp^2 * h + f * h^2 + g * dhp$$

sachant que V est le volume de la tige, dhp est le diamètre à hauteur de poitrine (cm), h est la hauteur de la tige (m), a, b, c, d, e, f, g sont des coefficients propres à chaque essence (Perron 1985).

La productivité d'un peuplement étant fortement liée à la fertilité potentielle de la station, nous avons calculé pour chaque peuplement un indice de la fertilité potentielle appelé indice de qualité de station (IQS). Différents indices de productivité des peuplements ont été estimés. Les plus couramment employés sont l'accroissement annuel périodique (AAP) en volume du peuplement et l'AAP en surface terrière. Nous les avons estimés pour les 31 stations du RÉSEF. La productivité d'un peuplement, mesurée par son accroissement annuel périodique, dépend de son stade d'évolution. En bref, on peut dire qu'elle croît jusqu'à atteindre un plateau, qui représente le plein potentiel de productivité d'un peuplement, puis décroît lors de sa sénescence. Pour les peuplements de structure diamétrale régulière, l'AAP est positif jusqu'à ce qu'il atteigne l'âge d'exploitabilité absolue lequel correspond à l'âge idéal de récolte finale des peuplements résineux. Pour les peuplements de structure diamétrale irrégulière, cette notion d'âge d'exploitabilité absolue ne s'applique pas. On se réfère plutôt à la notion de surface terrière maximale du peuplement, que plusieurs s'accordent à estimer autour de 36 m²/ha dans le cas des érablières (S. Meunier, DRF, communication personnelle). Ainsi, toutes choses étant égales par ailleurs (même IQS par exemple), un peuplement d'une surface terrière de 30 m²/ha devrait avoir un AAP plus faible qu'un peuplement ayant une surface terrière de 23 m²/ha par exemple.

3.4.1 L'indice de qualité de station des 31 peuplements du RÉSEF

L'IQS est utilisé pour quantifier le potentiel de croissance des peuplements forestiers, car il intègre bien l'influence des facteurs de station (dépôt, drainage, pente, climat) et des facteurs génétiques régissant la croissance d'une espèce donnée. C'est un moyen pratique d'obtenir, par une seule variable, l'IQS, une estimation globale de l'effet de tous ces facteurs sur le rendement en volume ligneux d'un peuplement. En effet, la hauteur des arbres dominants et codominants à un âge donné est l'une des mesures les plus étroitement corrélées à la capacité de production d'une station (Spurr et Barnes 1980). L'IQS de chaque tige marchande dominante ou codominante a été calculé à partir

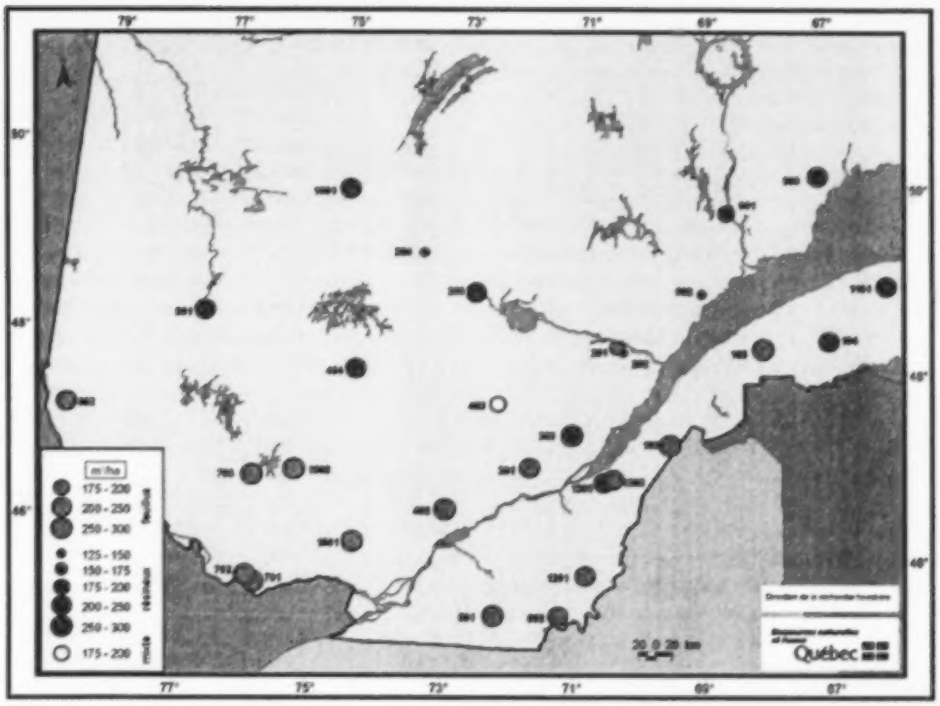


Figure 17. Volume vivant total des 31 peuplements du RÉSEF mesuré lors du dernier mesurage.

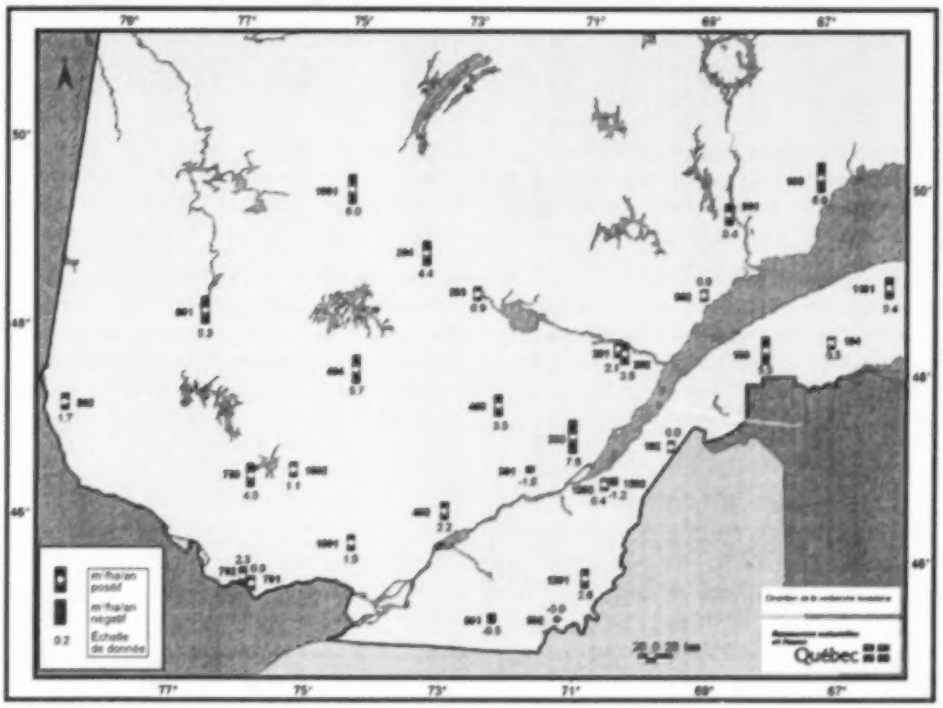


Figure 18. Accroissement annuel périodique en volume des 31 stations du RÉSEF.

des équations de POTHIER et SAVARD (1998) pour les principales espèces forestières et des équations de CARPENTIER (1998) pour les essences absentes de Pothier et Savard. Par la suite, les IQS ont été regroupés par classes de deux et le nombre de tiges de chacune de ces classes a été déterminé. Par convention, l'IQS de la station prend la valeur de la classe d'IQS la plus représentée.

La figure 16 indique la répartition des stations du RÉSEF en fonction des classes d'IQS retrouvées dans l'ensemble du réseau. L'IQS des stations non résineuses varie de huit à dix-huit, mais les deux tiers d'entres elles ont un IQS de classe 14 (IQS compris entre 13,1 et 15 m à 50 ans). La station mixte (station 403) est la station qui a le plus faible IQS de toutes les stations du RÉSEF (Tableau 8A). Les stations résineuses ont des IQS qui varient de la classe 10 à la classe 16. La classe d'IQS la plus représentée est la classe 14, mais moins de la moitié des stations résineuses appartiennent à cette classe d'IQS. Les deux pessières noires dont la classe d'IQS est 10 (stations 202 et 204) ont un IQS légèrement en dessous de l'IQS moyen des pessières noires commerciales de la province de Québec (13 ± 2,6; POTHIER et SAVARD 1998). Les quatre sapinières du RÉSEF ont des classes d'IQS qui correspondent à l'IQS moyen des sapinières au Québec (13 ± 2,6; POTHIER et SAVARD 1998). Ainsi, à l'exception de la station mixte, tous les peuplements du RÉSEF ont un niveau de fertilité similaire au niveau moyen provincial. Ceci valide le choix fait *a priori* lors de leur installation, l'objectif du RÉSEF étant de suivre des peuplements d'un niveau de fertilité moyen tout en évitant les situations extrêmes. Seule la station mixte semble avoir un niveau de fertilité plus faible que celui des autres stations du RÉSEF.

3.4.2 Le volume marchand brut et l'accroissement annuel périodique (AAP) en volume

Le volume marchand brut des 31 stations du RÉSEF variait de 79 m³/ha (station 202) à 368 m³/ha (station 503) lors de leur installation et de 128 m³/ha (station 202) à 295 m³/ha (station 103) lors de leur dernier mesurage (Figure 17). Lors de leur installation, les dix-sept stations feuillues et la station mixte avaient des volumes qui variaient de 137 m³/ha (station 403) à 368 m³/ha (station 503) pour un volume moyen de 239 ± 53 m³/ha, tandis que celui des stations résineuses variait de 79 m³/ha (station 202) à 223 m³/ha (station 1203) pour un volume moyen de 159 ± 43 m³/ha. Lors de leur dernier mesurage, le volume marchand brut des stations non résineuses variait de 180 m³/ha (station 201) à 295 m³/ha (station 103) pour un volume moyen de 250 ± 37 m³/ha tandis que celui des stations résineuses variait de 128 à 240 m³/ha (stations 303 et 903) pour un volume moyen de 193 ± 43 m³/ha .

L'AAP correspond à la variation annuelle moyenne du volume marchand vivant pendant la période de temps qui sépare l'année du dernier mesurage et l'année d'installation de chaque station. Sur l'ensemble du réseau, il varie de -3 m³/ha/an (station 502) à 7,5 m³/ha/an[1] (station 303). Quatre des vingt-neuf stations du RÉSEF (les stations 105 et 503 ne sont pas prises en compte dans ces calculs car elles n'ont été mesurées qu'une seule fois). Au cours des années 1990, toutes les stations feuillues ont un accroissement annuel périodique en volume négatif (Tableau 8B). L'AAP en volume (Figure 18) des stations feuillues et de la station mixte varie de -3 m³/ha/an (station 502) à 5,5 m³/ha/an (station 103) tandis que celui des stations résineuses varie de 0 m³/ha/an (station 902) à 7,5 m³/ha/an (station 303). Un AAP périodique négatif est indicateur de la sénescence d'un peuplement, d'une perturbation ou encore d'un déclin de la productivité de la station.

[1] Cette valeur est très élevée, sûrement trop. Un nouvel AAP sera calculé lors du prochain mesurage en 2008

Conclusion et recommandations

L'information recueillie par les activités de suivi du RÉSEF et les analyses préliminaires ont permis de documenter l'aspect dendrométrique de la composante végétation de 31 stations du réseau, de suivre dans le temps l'évolution de leurs caractéristiques dendrométriques et de préciser l'influence que certaines perturbations comme la défoliation par les insectes, le verglas ou encore le dépérissement des érablières, peuvent avoir sur la dynamique de ces peuplements. Les stations du RÉSEF permettent de déceler rapidement des changements dans le fonctionnement des écosystèmes et d'identifier des problématiques forestières qui mériteraient une attention particulière. Leur identification permet de cibler les travaux de recherche et d'acquisition de connaissances à entreprendre afin de préciser les phénomènes à une échelle appropriée (sous-domaine bioclimatique, unité d'aménagement forestier, type écologique, etc.). Historiquement, l'observation de certaines problématiques forestières, mises à évidence grâce au monitoring du RÉSEF, a résulté en de nouvelles initiatives d'acquisition de connaissance notamment en ce qui a trait à la détermination de l'étendue du risque d'impact des dépôts acides sur les forêts et aux solutions qui s'offrent aux gestionnaires et aménagistes pour contrer le phénomène d'envahissement par le hêtre à grandes feuilles de certaines érablières (par ex. le chaulage, le dégagement).

À notre connaissance, cette étude est la première du genre au Québec qui documente la dynamique à court terme (au maximum quinze ans) de divers peuplements forestiers à l'aide de mesures répétées de parcelles de grandes dimensions (0,25 ha pour les peuplements résineux, 0,5 ha pour les peuplements feuillus) et de peuplements seulement régis par des perturbations naturelles (épidémies d'insectes, maladies, feux, etc.) ou liées à la résultante des activités humaines (réchauffement climatique, pollution atmosphérique).

En moins de vingt ans, et en absence d'opérations sylvicoles, les peuplements peuvent changer de façon marquée autant au niveau de leur composition végétale que de leurs structures. Ces changements de composition peuvent même avoir entraîné, dans certains cas, un changement d'appellation des peuplements. Par exemple, la station 301 qui était lors de son installation une érablière à érable à sucre est devenue une érablière à érable à sucre et hêtre à grandes feuilles. En effet, en 1986, la surface terrière de l'érable à sucre représentait 77 % de celle de l'ensemble des espèces feuillues alors que la surface terrière du hêtre à grandes feuilles en représentait 11 %. En 2001, la surface terrière de l'érable à sucre ne représentait plus que 67 % de celle de l'ensemble des espèces feuillues et celle du hêtre à grandes feuilles, 26 %. Un autre exemple de changement, de structure diamétrale cette fois, est celui de la station 1502 laquelle, en dix ans, est passée d'une structure diamétrale en « J inversé », typique des peuplements feuillus en équilibre, à une structure diamétrale dite de « stockage », dans laquelle le nombre de gaules de diamètre à hauteur de poitrine inférieur à 3,1 cm est très important comparativement à celui des autres classes de diamètre. En effet, en dix ans le nombre de gaules a presque été multiplié par un facteur 100. Ces deux cas ne sont que des exemples des importants changements que les peuplements peuvent subir au cours de leur vie, sur une courte période, et ce, en l'absence de toute activité forestière. Ainsi, il apparaît évident que les trajectoires d'évolution de ces peuplements affichent un fort dynamisme lequel confirme l'importance d'actualiser régulièrement l'information issue des inventaires forestiers et celle nécessaire aux modèles prévisionnels utilisés lors de la planification forestière.

Les données de chimie du sol et du feuillage, lesquelles feront l'objet d'un autre mémoire, permettront certainement de mieux expliquer les différences observées dans le temps à l'intérieur d'un même peuplement ou de différents peuplements apparentés (les pessières par rapport aux sapinières par ex.) puisque l'IQS, le stade de développement des peuplements et les perturbations ne semblent les expliquer que partiellement.

Bien que l'on ne puisse généraliser les résultats obtenus à l'aide des stations du RESEF à une échelle plus vaste comme celle des unités d'aménagement ou des sous-domaines bioclimatiques, le RESEF est un outil qui permet d'identifier rapidement des problématiques forestières et de préciser les mécanismes et processus qui les régissent. Afin

d'améliorer la représentativité du réseau au sein de la forêt commerciale, nous recommandons l'installation, dans un proche avenir, de nouvelles stations d'étude et de suivi dans les domaines bioclimatiques les moins bien représentés et dans lesquels il s'effectue le plus d'opérations forestières, comme celui de la pessière à mousses où il n'y a actuellement que quatre stations. Il faudrait également augmenter le nombre de stations dans la forêt mélangée (une seule station dans le RESEF actuellement) car c'est sûrement l'un des écosystèmes les plus diversifiés de la forêt tempérée nordique, mais aussi, parce qu'il s'agit d'un écotone, probablement l'un des plus affectés par les changements climatiques. En outre, pour l'intérêt écologique qu'ils peuvent présenter, il serait également intéressant d'étendre le RÉSEF aux trois domaines actuellement non représentés dans le réseau que sont l'érablière à caryer cordiforme, la pessière noire à lichens et la toundra forestière.

Références bibliographiques

Ansseau, C., L. Bélanger, J.-F. Bergeron, Y Bergeron, A. Bouchard, J. Brisson, L. De Grandpré, G. Gagnon, P. Grondin, C. Lavoie, G. Lessard, S. Payette, P.J.H. Richard, J.-P. Saucier, L. Sirois, et L. Vasseur, 1996. *Écologie forestière*. Dans : Le Manuel de foresterie Québec : Les Presses de l'Université Laval. p. 135-279.

Bailey, R.L. et T.R. Dell, 1973. *Quantifying diameter distributions with the weibull function*. Forest Sci. 19 : 97-104.

Bergeron, Y., M. Flannigan, S. Gauthier, A. Leduc et P. Lefort, 2004. *Past, current and future fire frequency in the Canadian boreal forest: implications for sustainable forest*. Ambio 33(6) : 356-360.

Boucher, D., L. De Grandpré et S. Gauthier, 2003. *Développement d'un outil de classification de la structure des peuplements et comparaison de deux territoires de la pessière à mousses du Québec*. For. Chron. 79 : 318-328.

Brunet, G., 2002. *Reconstitution historique de la sapinière à bouleau blanc vierge de la Côte-de-Gaspé*. Université Laval, Sainte-Foy. 113 p.

Canada-Soil-Survey-Committee, 1992. *The Canadian system of soil classification. 2nd ed.* Agriculture Canada, Ottawa, ON. Publ. 1646.

Carpentier, J.-P., 1998. *Vérification de plusieurs équations pour l'estimation de l'indice de qualité de station*. Rapport de travail n° 2. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles. 33 p.

Daniel, T.W., J.A. Helms et F.S. Baker, 1979. *Principles of Sylviculture*. 2nd ed. New York : McGraw-Hill Book Compagny. 500 p.

Duchesne, L., R. Ouimet et D. Houle, 2002. *Basal area growth of* Acer saccharum *in relation to acid deposition, stand health and soil nutrients*. J. Environ. Qual. 31 : 1676-1683.

Duchesne, L., R. Ouimet, R. Paquin et J.-D. Moore, 2005. *Changes in structure and composition of maple–beech stands following sugar maple decline in Québec, Canada*. For. Ecol. Manage. 208 : 223-236.

Gagnon, G., C. Gravel, R. Ouimet, N. Dignard, R. Paquin et G. Roy, 1994. *Le réseau de surveillance des écosystèmes forestiers (RÉSEF). I. Définitions et méthodes*. Ministère des Ressources naturelles du Québec, Direction de la recherche forestière, Sainte-Foy, Québec. Mémoire de recherche forestière n° 115. 188 p.

Grondin, P. et A. Cimon, 2003. *Les enjeux de biodiversité relatifs à la composition forestière*. Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles et de la Faune. 200 p.

Holmes, R.L., 1996. *Dendrochronology program library*. Univ. of Arizona, Tucson, Lab. Tree-Ring Res.

Hunter, M., 1990. *Wildlife, Forests, and Forestry: principles of managing forests for biological diversity*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs. 370 p.

Lorimer, C.G. et A.G. Krug, 1983. *Diameter distributions in even-aged stands of shade-tolerant and midtolerant tree species*. Amer. Mid. Nat. 19 : 331-345.

Ministère des Ressources naturelles, 1994a. *Le point d'observation écologique*. Québec, ministère des Ressources naturelles. 116 p.

Ministère des Ressources naturelles, 1994b. *Spatio-cartes images satellitaires à l'échelle 1/250 000*. Québec, ministère des Ressources naturelles, Service des inventaires forestiers.

Ministère des Ressources naturelles, 2002. *Normes d'inventaire forestier : les placettes-échantillons temporaires - peuplements de 7 m et plus de hauteur*. Ministère des Ressources naturelles, Direction des inventaires forestiers.

NYLAND, R.D., 1996. *Silviculture : Concepts and Applications*. McGraw Hill, Boston. p. 633.

OLIVER, C.D. et B.C. LARSON, 1996. *Forest Stand Dynamics*. John Wiley & Sons, New York. 537 p.

OUIMET, R., L. DUCHESNE, D. HOULE et P.A. ARP, 2001. *Critical loads and exceedances of acid deposition and associated forest growth in the northern hardwood and boreal coniferous forests in Québec, Canada*. Water, Air, and Soil Pollution 1 : 119-134.

OUIMET, R., P. A. ARP, S. A. WATMOUGH, J. AHERNE et I. DEMERCHANT, 2006. *Determination and mapping critical loads of acidity and exceedances for upland forest soils in Eastern Canada*. Water, Air, and Soil Pollution 172 : 57-66.

PERRON, J.Y., 1985. *Tarif de cubage : volume marchand brut*. Ministère de l'Énergie et des Ressources, Service des inventaires forestiers. Publ. num. 3209-11G. 66 p

POTHIER, D. et F. SAVARD, 1998. *Actualisation des tables de production*. Gouvernement du Québec, Québec. 183 p.

SAUCIER, J.-P., J.-F. BERGERON, P. GRONDIN et A. ROBITAILLE, 1998. *Les régions écologiques du Québec méridional (3e version) : un des éléments du système hiérarchique de classification du territoire mis au point par le ministère des Ressources naturelles du Québec*. Québec : Supplément de l'Aubelle numéro 124.

SMITH, D.M., B.C. LARSON, M.J. KELTY et P.M.S. ASHTON, 1997. *The Practice of Silviculture*. Wiley & Sons, New York. 560 p.

SPURR, S.H. et B.V. BARNES, 1980. *Forest Ecology*. John Wiley and Sons Inc., New-York. 687 p.

STATHERS, R.J., T.P. ROLLERSON et S.J. MITCHELL, 1994. *Windthrow handbook for British Columbia forests*, B.C. Min. For. : 38.

TREMBLAY, S., R. OUIMET et D. HOULE, 2002. *Prediction of organic carbon content in upland forest soils of Quebec, Canada*. Can. J. For. Res. 32 : 903-914.

WHITNEY, H.E. et W.C. JOHNSON, 1984. *Ice storms and forest succession in southwestern Virginia*. Bull. Torey Bot. Club 111 : 429-437.

Annexe 1

Fiches signalétiques par station

1 Guide de lecture des fiches

Chaque fiche signalétique de trois pages correspond à une station. On y présente l'évolution de la croissance selon les trois paramètres qui la définissent – structure et composition, dynamique, productivité. L'évolution a été reconstituée à partir des données qui proviennent des collectes périodiques (tous les 5 ans) effectuées dans les places d'étude. Les fiches apparaissent par ordre de groupements d'essences : les dix-sept érablières, la bétulaie jaune à sapin, les neuf pessières et enfin, les quatre sapinières. Chaque fiche comprend quatre sections. Elles sont décrites ci-dessous.

1.1 Information générale

Les éléments d'information donnés en début de fiche permettent de situer la station sur les plans géographique, écologique et pédologique. Ainsi, le code cartographique se réfère aux six caractéristiques écologiques « cartographiables » : le groupement d'essence, la densité, la hauteur, la classe de pente, le drainage et le dépôt. La correspondance de chacun des codes utilisés est indiquée dans l'annexe 4. L'altitude situe la station sur le plan topographique. La carte placée à droite permet de situer visuellement la station au sein du territoire du Québec méridional, alors que les latitude et longitude donnent ses coordonnées géographiques. Le type de sol et le type d'humus sont les éléments choisis comme descripteurs du sol. Il faut se référer à la classification canadienne des sols (Canada-Soil-Survey-Committee 1992) pour connaître les variables du sol prises en compte dans la typologie. Ce début de fiche est suivi du traitement des données.

1.2 Paramètres de croissance – structure et composition – productivité – dynamique

Le suivi régulier des paramètres de croissance – structure et composition, dynamique, productivité – permet de livrer un portrait de la croissance des peuplements. Les variables choisies pour exprimer ces trois paramètres proviennent directement des mesures de terrain, ou indirectement, si elles ont fait l'objet de calculs.

1.2.1 Structure et composition

Les variables retenues pour décrire la structure et la composition du peuplement sont, pour chaque inventaire, le dénombrement des tiges vivantes (N; tiges/ha), leur surface terrière (G; m^2/ha) et leur DHP moyen (DHP; cm) pour le peuplement au complet et pour les première et deuxième essences les plus abondantes. Les données obtenues de chaque collecte ont été traitées pour les quatre strates : tiges marchandes, gaules, régénérations haute et basse. On présente également sous forme graphique pour le peuplement complet et les première et deuxième essences les plus abondantes 1) la relation entre le nombre de tiges à l'hectare et les classes de DHP (cm) et 2) la relation entre la classe de DHP et la hauteur (m) des tiges. Les codes utilisés pour désigner les essences sont empruntés des normes techniques du *Point d'observation écologique* (MRN 1994a).

1.2.2. Productivité

La productivité fait référence ici au volume de matière ligneuse produite et non à toute la biomasse produite par les végétaux dans la place d'étude. La productivité est présentée de diverses façons. Une façon de la visualiser est de montrer l'évolution du volume marchand des arbres vivants et des arbres morts. Dans le graphique suivant, on a mis en relation l'âge, mesuré sur un certain nombre d'arbres, et leur hauteur. Ces mesures ont permis de calculer un indice de qualité de station (IQS) pour chaque arbre. Le graphique adjacent montre la répartition de ces arbres dans les classes d'IQS. Les deux derniers graphiques offrent un aperçu de l'évolution de la productivité en montrant l'accroissement annuel périodique (m^3/ha/an) en volume et en surface terrière (m^2/ha/an) par période de cinq ans.

1.2.3 Dynamique

L'évolution de la croissance du peuplement est reconstituée en examinant la série chronologique de l'accroissement successif en surface terrière (AST) (cm^2/arbre/an) d'un certain nombre d'arbres (N) et de leur indice de croissance. L'AST sert à

donner une indication de l'évolution de la croissance des arbres qui forment actuellement le couvert. Le graphique sur l'indice de croissance permet de détecter les variations annuelles de la croissance. L'évolution de la croissance est également exprimée, pour chaque période de mesures, par la relation entre l'accroissement annuel périodique en diamètre (mm/an) et les classes de DHP de tout le peuplement et des première et deuxième essences les plus abondantes. La croissance se reflète aussi dans le taux de mortalité (%) des essences constitutives du peuplement, présentée par classe de DHP (cm) pour les mêmes périodes de mesures que les graphiques précédents.

2 Fiches individuelles

Place 102 - LAC DE L'EST

Code cartographique Er-A-2-A-II-1a
Altitude : 490 m
Localisation : 47° 14' 57" N.; 69° 34' 25" O.
Type de sol : Brunisol dystrique orthique
Type d'humus Moder

Structure et composition du peuplement

Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Bouleau jaune		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1988	384	34,21	28,3 ± 18,3	354	33,32	29,2 ± 18,6	8	0,30	18,4 ± 14,0
1993	378	32,91	28,2 ± 17,8	358	32,25	28,7 ± 18,0	6	0,30	21,1 ± 17,2
1998	382	34,41	28,8 ± 17,8	368	33,87	29,2 ± 17,9	6	0,34	22,9 ± 17,6
2003	378	32,20	28,4 ± 16,8	370	31,79	28,5 ± 16,8	6	0,38	24,5 ± 17,9

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Bouleau jaune		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1988	728	0,94	3,4 ± 2,2	514	0,83	4,0 ± 2,2	14	0,02	3,3 ± 2,8
1993	968	1,03	3,0 ± 2,1	610	0,86	3,5 ± 2,3	38	0,03	2,3 ± 1,8
1998	1376	1,16	2,7 ± 1,9	902	0,93	2,9 ± 2,2	48	0,03	2,4 ± 1,6
2003	2000	1,32	2,4 ± 1,7	1370	1,01	2,4 ± 1,9	52	0,04	2,6 ± 1,7

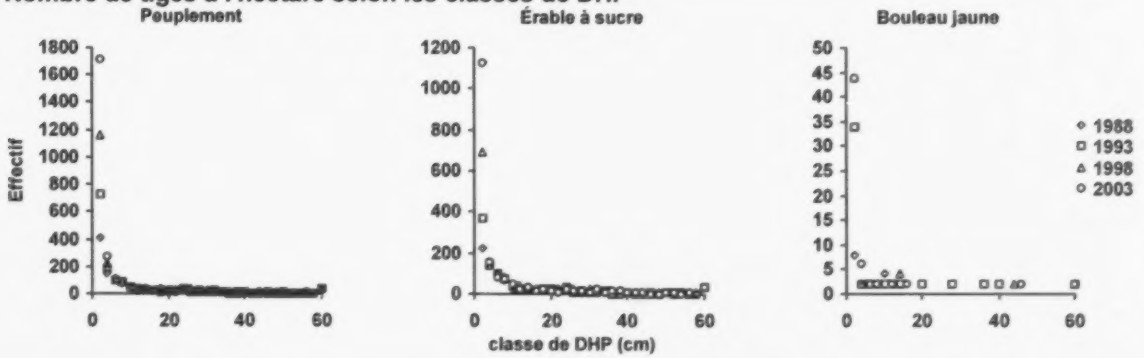
Régénération haute

	BOJ	EPB	EPR	ERE	ERP	ERS	HEG	PRU	SOA
1988	92	4		1064	216	1648	2		4
1993	62	4		1106	268	2902	2	2	
1998	38	6		870	230	3248	2		2
2003	18		2	834	194	3644			

Régénération basse

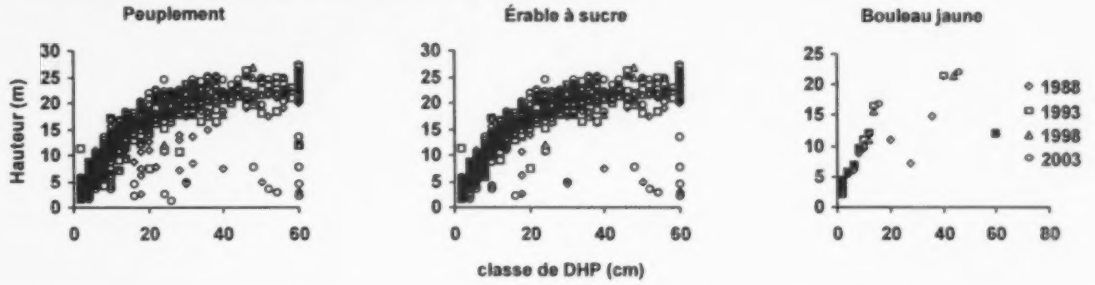
	AME	BOJ	EPB	ERE	ERP	ERS	FRA	SAB	SOA
1988		8,8	5,8	14,6	7,9	26,3		3,7	1
1993	1	1	1	8,8	2,4	33,5		1	1
1998		1,6	1	12	4,8	28,8		2,5	1
2003		1	1	10,4	3	27,5	1	1,5	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP



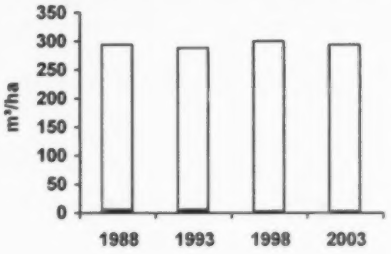
Place 102 - LAC DE L'EST

Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence

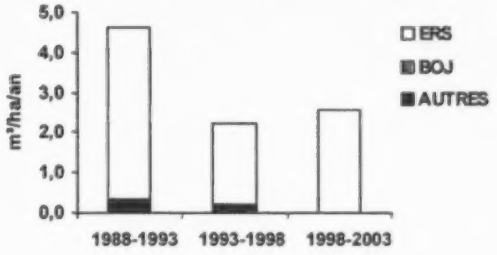


Productivité du peuplement

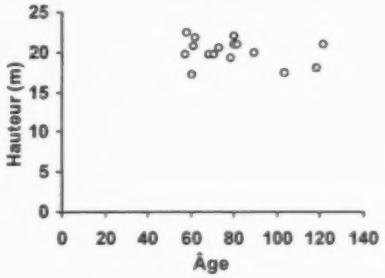
Volume marchand vivant



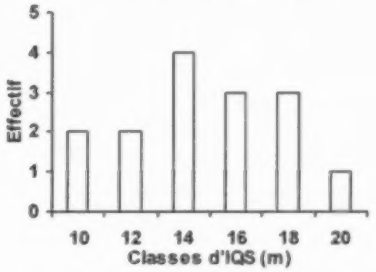
Mortalité annuelle périodique



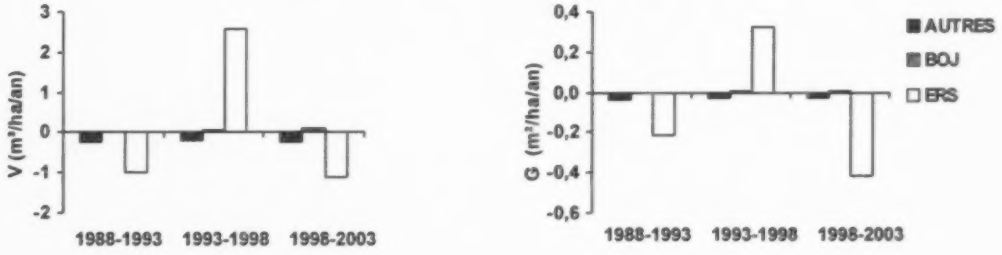
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



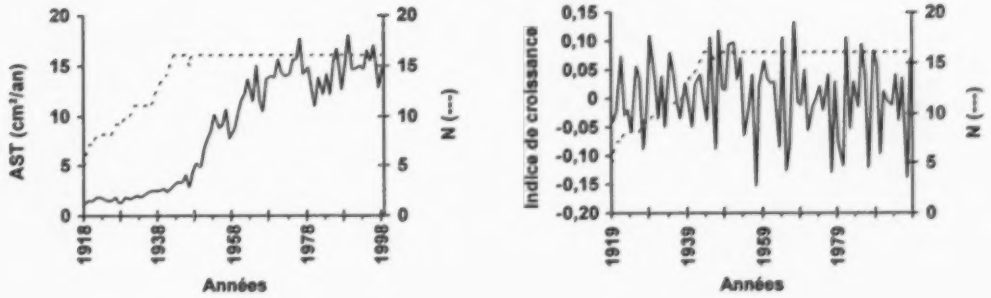
Accroissement annuel périodique



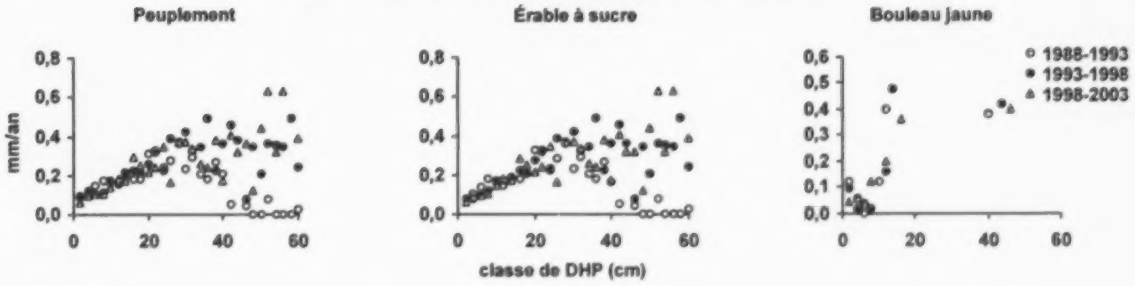
Place 102 - LAC DE L'EST

Dynamique du peuplement

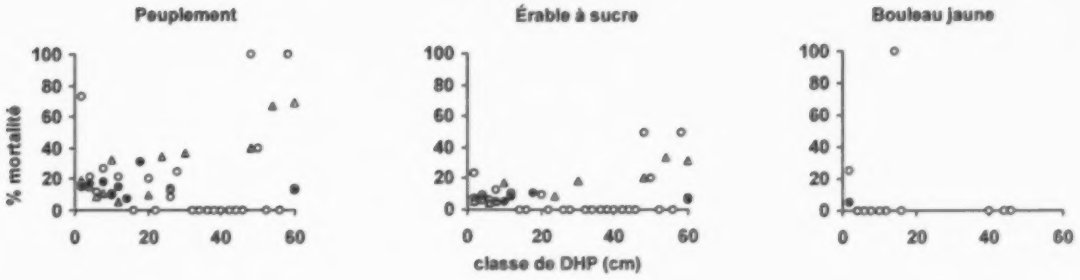
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une érablière pure inéquienne, de structure diamétrale en « J inversé » dont l'âge moyen des arbres dominants et codominants est de 80 ans et de densité élevée (34,2 m²/ha en 1988). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 28 cm. Entre 1988 et 2003, la strate des gaules a été multipliée par un facteur de 2,75, passant de 728 à 2 000 tiges/ha, quelle que soit l'espèce. La régénération haute en érable à sucre a également doublé durant cette période, surtout au détriment du bouleau jaune, de l'épinette blanche, de l'érable à épis et du hêtre, lesquels ont connu une baisse de densité dans cette strate. L'érable à sucre s'est également maintenu dans la régénération basse, tandis que les autres essences ont décliné dans cette strate au cours de la période d'étude. La fluctuation de la croissance du peuplement et du taux de mortalité au cours des quinze dernières années explique ces changements. Après que les érables à sucre de 40 cm et plus aient connu une baisse de leur accroissement annuel et une hausse de mortalité entre 1988 et 1993, ce qui a pu favoriser les strates inférieures, ils ont connu une amélioration généralisée de leur accroissement et de leur mortalité entre entre 1993 et 1998, ce qui est corroboré par l'accroissement net en volume et surface terrière durant cette période. Par la suite, l'accroissement des arbres de ces classes de diamètre est devenu très variable entre 1998 et 2003. C'est ainsi que, dans l'ensemble, l'accroissement moyen net est pratiquement nul au cours de la période 1988-2003. L'accroissement moyen en surface terrière des arbres dominants a atteint un plateau en 1960 et s'y maintient depuis lors, à 14,1 cm²/arbre/an.

Place 103 - OUIMET

Code cartographique Er-A-2-A-II-1a
Altitude : 335 m
Localisation : 48° 17' 10" N.; 68° 04' 45" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor

Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Sapin baumier		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1988	676	29,60	20,9 ± 11,0	592	24,53	20,2 ± 10,9	58	3,07	24,3 ± 9,4
1993	658	30,48	21,6 ± 11,1	592	25,70	20,9 ± 10,9	42	2,78	27,5 ± 9,4
1998	632	31,83	22,7 ± 11,3	580	27,73	22,0 ± 11,1	36	2,36	27,3 ± 9,8
2003	622	33,23	23,3 ± 11,8	588	30,15	22,8 ± 11,6	18	1,27	28,4 ± 10,2

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Sapin baumier		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1988	752	1,52	4,7 ± 1,9	708	1,44	4,8 ± 1,8	8	0,02	5,5 ± 1,3
1993	592	1,33	5,0 ± 1,9	554	1,28	5,1 ± 1,8	4	0,01	6,1 ± 2,2
1998	440	1,10	5,3 ± 1,9	406	1,06	5,5 ± 1,8	2	0,01	7,8 ±
2003	448	0,99	4,8 ± 2,2	360	0,95	5,5 ± 1,8	2	0,01	7,9 ±

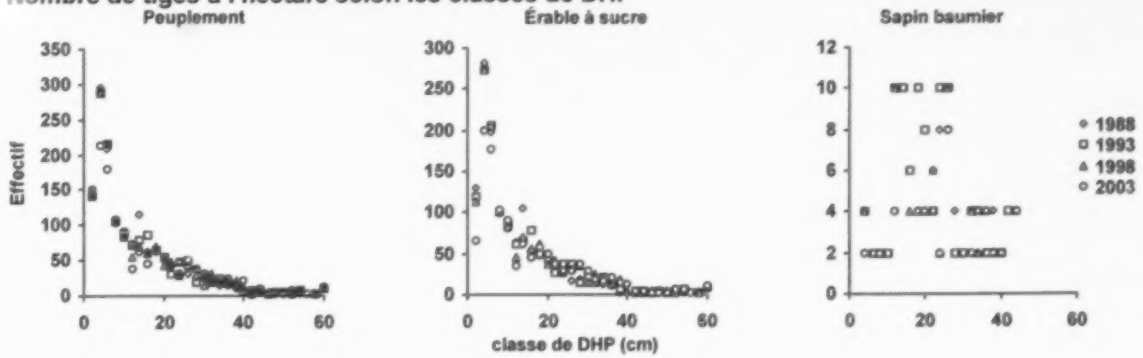
Régénération haute

	BOJ	EPB	ERE	ERP	ERS	SAB	SOA
1988	8	4	348	84	28		
1993	2		240	56	38	2	
1998	6	2	464	180	56	8	
2003	18		1508	684	250	46	2

Régénération basse

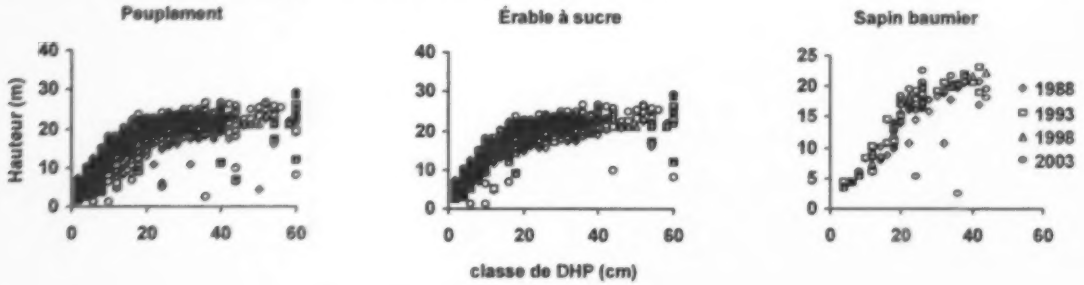
	BOJ	CET	EPB	ERE	ERP	ERS	SAB	SOA
1988	3		1	18,3	6,6	11	3,6	
1993	1	1	1	21,8	5,2	23	2	
1998	1		1	22,7	12,3	40,6	8,9	1
2003	1		1	17,5	11,8	26	4,5	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

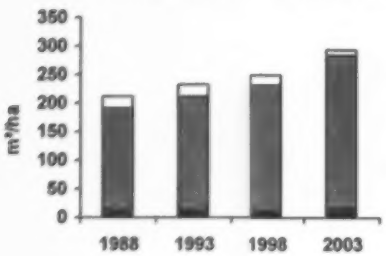


Place 103 - OUIMET

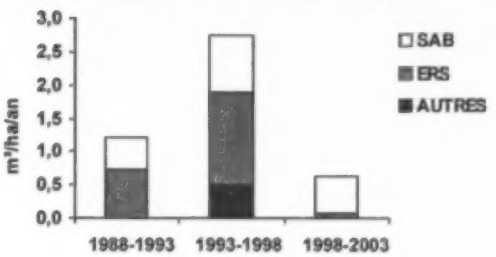
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



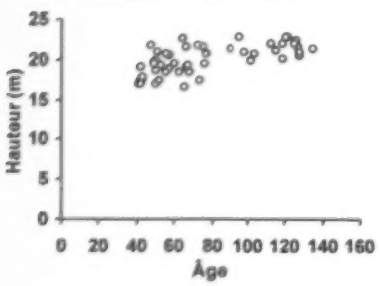
Volume marchand vivant



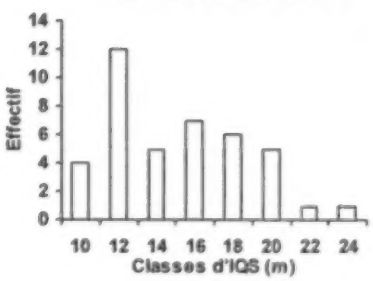
Mortalité annuelle périodique



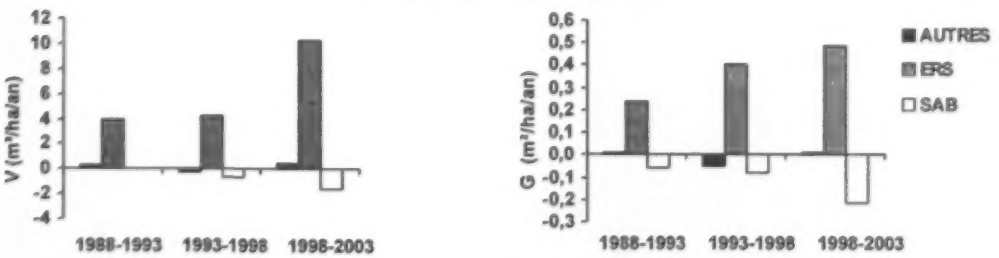
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



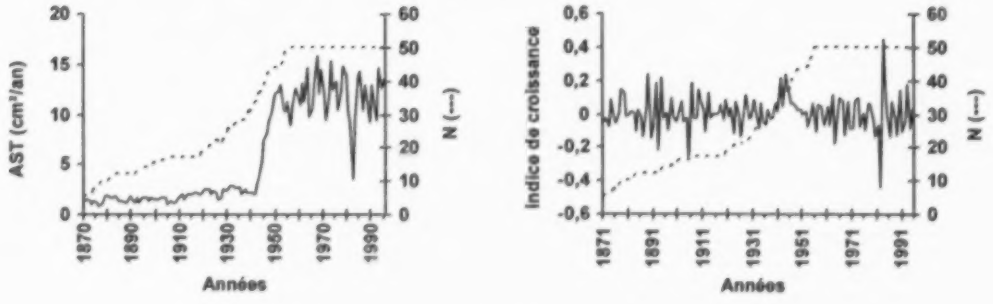
Accroissement annuel périodique



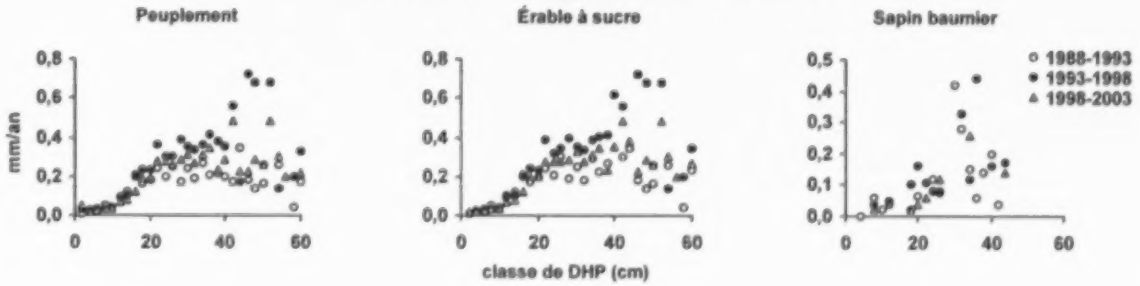
Place 103 - OUIMET

Dynamique du peuplement

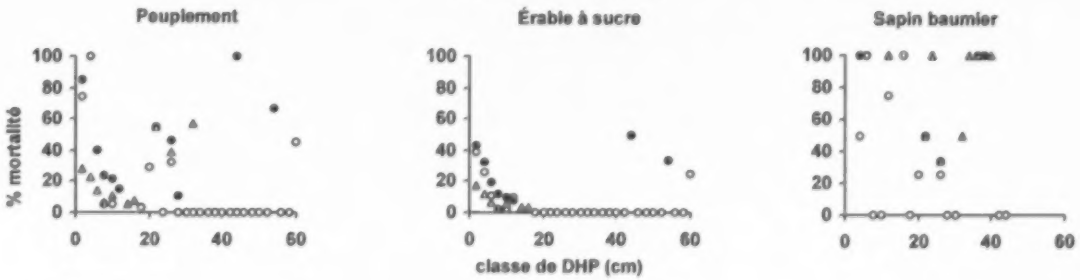
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une érablière pure inéquienne, de structure diamétrale en « J inversé », dont l'âge moyen des arbres dominants et codominants est de 80 ans et de densité élevée (31,1 m²/ha en 1988). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 30 cm. Entre 1988 et 2003, la densité de tiges dans la strate des gaules a diminué de 40 %, passant de 752 à 448 tiges/ha, quelle que soit l'espèce. La régénération haute d'érable à sucre et d'érable de Pennsylvanie a cependant été multipliée par un facteur de presque 9 durant cette période, en particulier au cours de la période 1998-2003; l'érable à épis y a augmenté par un facteur de 4,3. Les trois espèces d'érable se sont maintenues dans la régénération basse au cours de la période. La croissance nette dans cette station est la plus élevée des stations feuillues du RESEF, l'accroissement annuel moyen net étant de 5,5 m³/ha/an au cours des quinze dernières années. Elle a été maximale au cours de la période 1998-2003 (9 m³/ha/an) surtout en raison de la baisse de mortalité durant cette période. La mortalité a frappé surtout le sapin baumier dans la strate arborescente par rapport aux autres essences. Les données de dendrochronologie montrent que l'accroissement moyen en surface terrière des arbres dominants a atteint un plateau en 1960 et s'y maintient depuis lors, à 11,9 cm²/arbre/an. Une baisse passagère importante de croissance est survenue en 1981 et 1982, probablement en raison du dégel hâtif survenu en février 1981.

Place 105 - AUCLAIR

Code cartographique Er-A-1-B-II-1ay
Altitude : 265 m
Localisation : 47° 45' 01" N.; 68° 44' 01" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Moder

Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Érable rouge		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
2000	770	34,00	21,7 ± 9,6	520	22,77	21,8 ± 9,0	104	6,63	27,7 ± 6,8

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Érable rouge		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
2000	600	1,15	4,3 ± 2,3	78	0,29	6,5 ± 2,3			

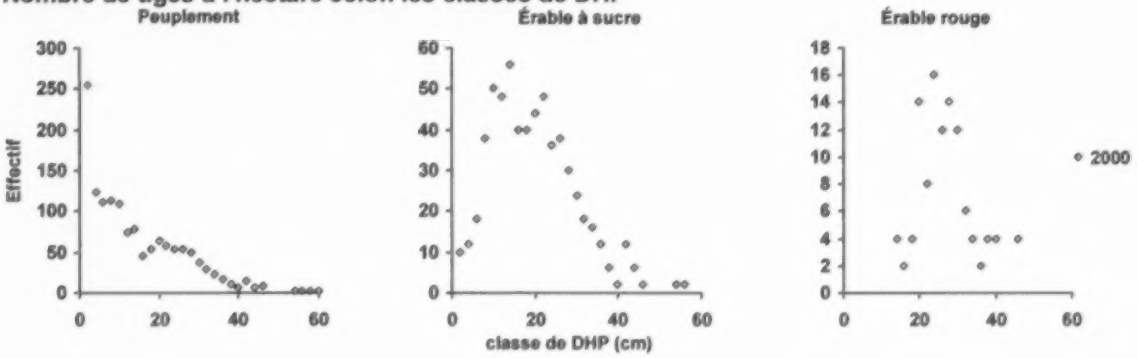
Régénération haute

	HEG	SAB
2000	2	156

Régénération basse

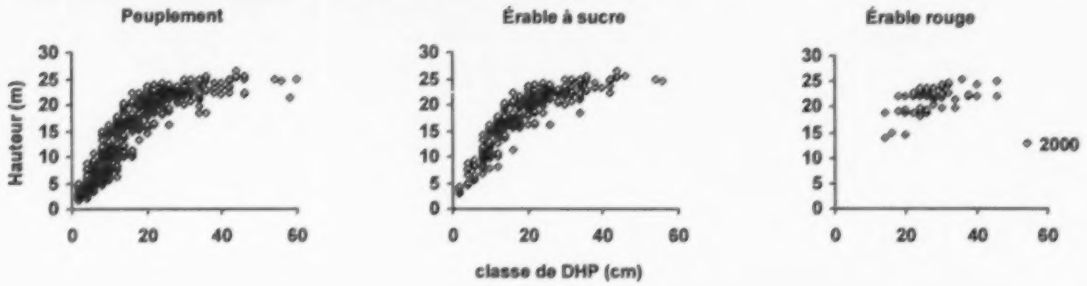
	BOJ	BOP	EPB	ERP	ERR	ERS	HEG	PET	SAB	SOA
2000	1	1	1	2,2	1	80	1,7	1	9,4	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP



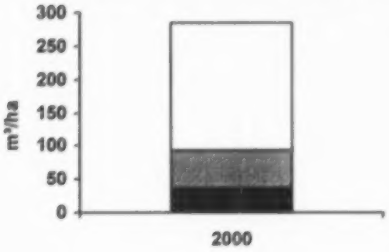
Place 105 - AUCLAIR

Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence

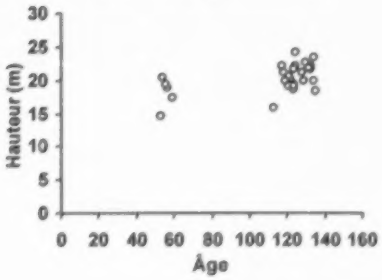


Productivité du peuplement

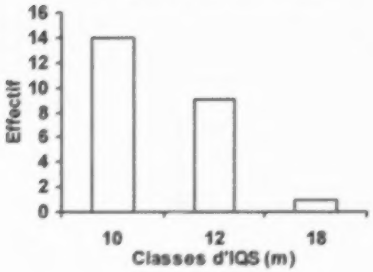
Volume marchand vivant



Relation âge/hauteur



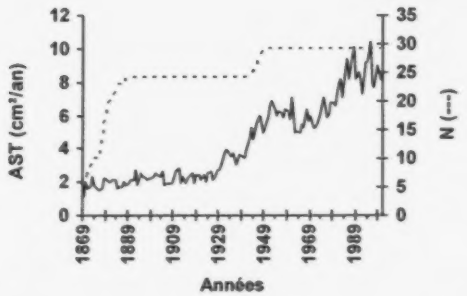
Répartition des IQS

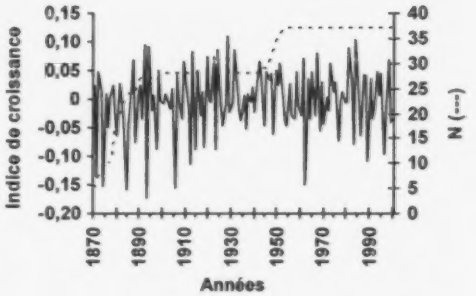


Place 105 - AUCLAIR

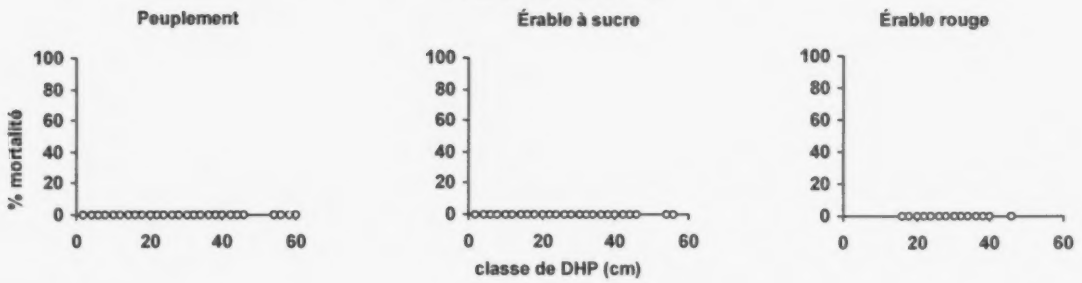
Dynamique du peuplement

Dendrochronologie





Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une érablière pure inéquienne, de structure diamétrale en « J inversé », dont l'âge moyen est de 120 ans et de densité élevée (34 m²/ha en 1988). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 22 cm. Cette station a été installée en 2000 pour compenser la perte de la station 101 qui a été abandonnée en raison de la fin de l'entente que le MRNF avait conclue avec le propriétaire du territoire. Les données de dendrochronologie montrent que l'accroissement moyen en surface terrière des arbres dominants augmente à un rythme de -0,077 ± 0,005 cm²/arbre/an.

Place 201 - RIVIÈRE-ÉTERNITÉ

Code cartographique ErFi-B-2-B-II-2ak
Altitude : 105 m
Localisation : 48° 17' 17" N.; 70° 21' 11" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor

Structure et composition du peuplement

Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Bouleau jaune		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	358	19,56	23,1 ± 12,8	218	13,66	24,8 ± 13,5	58	4,60	30,4 ± 9,4
1994	394	20,61	22,4 ± 12,9	234	14,65	24,8 ± 13,6	62	4,45	28,1 ± 11,2
1999	420	21,38	22,2 ± 12,5	234	14,78	25,2 ± 13,1	70	4,70	26,6 ± 12,2
2004	456	23,41	22,1 ± 12,9	254	16,47	25,4 ± 13,4	74	4,88	26,0 ± 13,0

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Bouleau jaune		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	3814	4,26	3,3 ± 1,8	738	0,68	2,8 ± 1,9	254	0,24	3,0 ± 1,8
1994	2966	3,79	3,5 ± 1,9	704	0,65	2,9 ± 1,9	222	0,27	3,4 ± 2,0
1999	2316	3,07	3,6 ± 2,1	696	0,74	3,1 ± 2,0	190	0,27	3,8 ± 2,0
2004	1706	2,25	3,6 ± 2,0	662	0,70	3,1 ± 2,0	158	0,27	4,3 ± 2,0

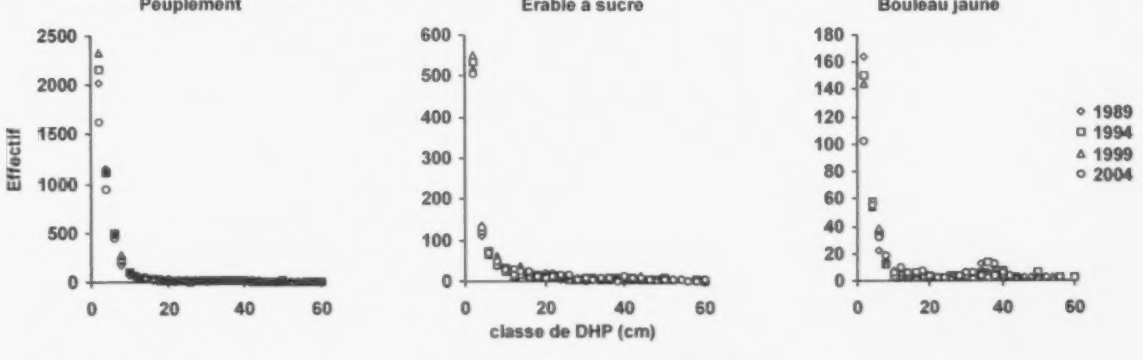
Régénération haute

	BOJ	BOP	CHR	EPB	EPN	ERE	ERP	ERR	ERS	FRN	PRP	PRV	SAB	SOA
1989	198				36	952	34	8	1116				262	8
1994	46	2	2	18		1056	14	6	618	2		2	160	4
1999	20			8		1310	4		430		4		166	
2004	6			8		388		2	266				78	

Régénération basse

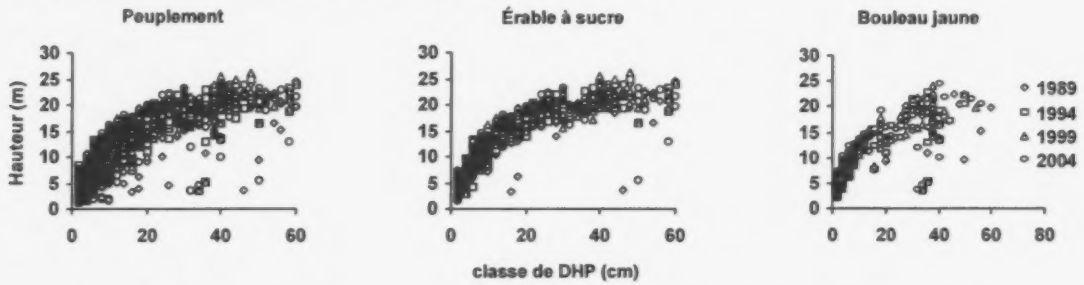
	BOJ	EPB	EPN	ERE	ERP	ERR	ERS	FRN	PIB	PRP	PRV	SAB	SOA
1989	1		1	12	1	1	14					8,2	1
1994	4,2	4,4		18	2,1	1,8	34	1		2,7	1	12	1
1999	1,1	1		2	1	1	3,1			1		1,5	1
2004	1,8	1		8,4	1		47,5		1	1		4,3	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

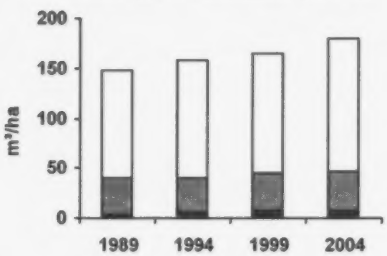


Place 201 - RIVIÈRE-ÉTERNITÉ

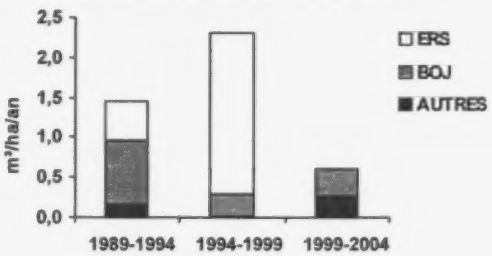
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



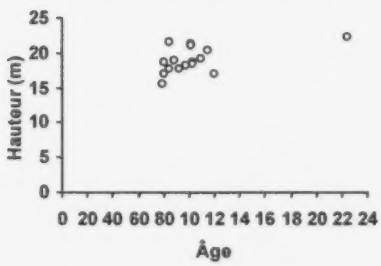
Volume marchand vivant



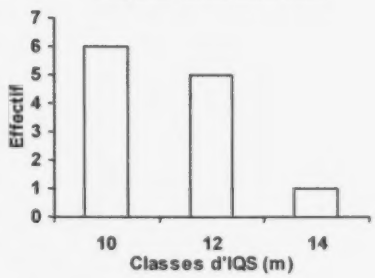
Mortalité annuelle périodique



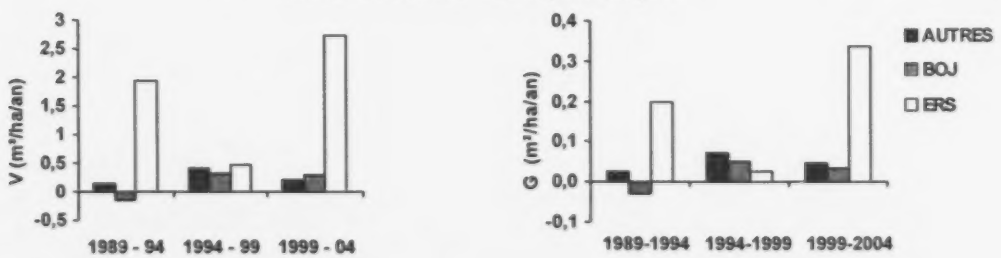
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



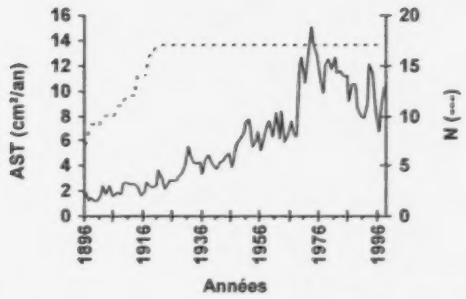
Accroissement annuel périodique

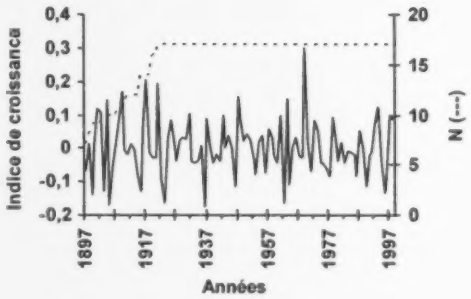


Place 201 - RIVIÈRE-ÉTERNITÉ

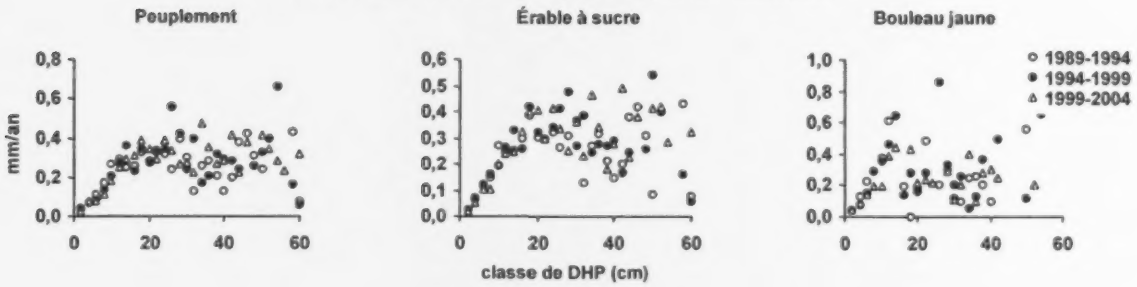
Dynamique du peuplement

Dendrochronologie

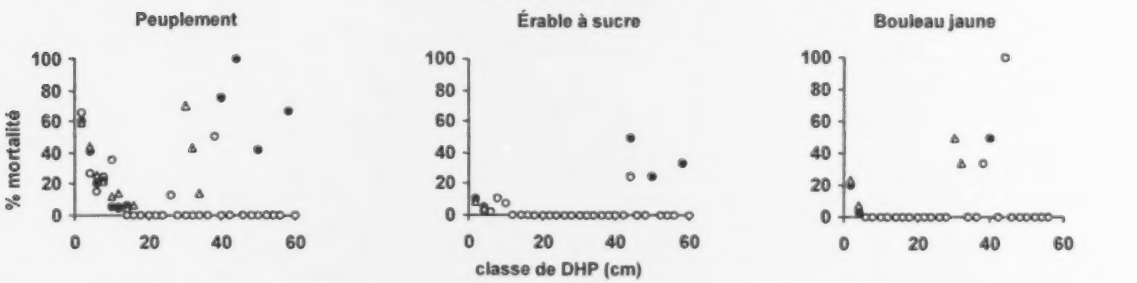




Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une érablière à feuillus intolérants à l'ombre inéquienne, de structure diamétrale irrégulière que l'on peut qualifier de structure de stockage, dont l'âge moyen des arbres dominants et codominants est de 100 ans et de densité faible (19,6 m²/ha en 1989), la plus faible de toutes les stations feuillues du RESEF. Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 23 cm. Entre 1989 et 2004, la densité de tiges dans la strate des gaules a diminué de 60 %, passant de 3 814 à 1 706 tiges/ha, quelle que soit l'espèce. On a dénombré jusqu'à quatorze espèces arborescentes, dont douze espèces commerciales, dans la strate de régénération haute au cours de la période. Cette strate a connu durant l'ensemble de la période une baisse de densité variant de 60 à 100 % selon l'essence. La croissance du peuplement est constante, mais l'accroissement annuel périodique moyen en volume a fluctué selon la mortalité annuelle périodique. Le pic de mortalité enregistré durant la période 1994-1999 s'est produit principalement pour les érables à sucre dont le diamètre était supérieur à 40 cm. L'accroissement annuel périodique moyen net est de 2,1 m³/ha/an au cours des quinze dernières années. Les données de dendrochronologie montrent que l'accroissement en surface terrière moyen des arbres dominants a atteint un pic en 1973 (15,4 cm²/arbre/an), et depuis connaît une certaine fluctuation.

Place 301 - DUCHESNAY

Code cartographique Er-C-2-A-II-1a
Altitude : 285 m
Localisation : 46° 57' 33" N.; 71° 40' 25" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Moder

Structure et composition du peuplement

Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Hêtre à grandes feuilles		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1986	396	27,40	27,0 ± 12,3	310	21,43	27,3 ± 11,5	34	2,65	28,4 ± 14,2
1989	384	27,31	27,4 ± 12,5	300	21,13	27,6 ± 11,8	36	2,81	28,1 ± 14,7
1996	378	26,47	27,4 ± 11,9	284	20,75	28,3 ± 11,4	46	3,15	25,6 ± 15,1
2001	384	24,61	25,7 ± 12,4	246	18,79	29,0 ± 11,6	84	3,04	18,0 ± 11,9

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Hêtre à grandes feuilles		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1986	1724	0,92	2,2 ± 1,4	140	0,19	3,5 ± 2,3	1358	0,58	2,0 ± 1,1
1989	2258	1,28	2,3 ± 1,4	138	0,16	3,3 ± 2,1	1808	0,90	2,2 ± 1,2
1996	3326	2,67	2,8 ± 1,5	146	0,16	3,1 ± 2,1	2664	2,10	2,8 ± 1,5
2001	3084	3,85	3,5 ± 1,8	122	0,16	3,5 ± 2,2	2548	3,09	3,5 ± 1,8

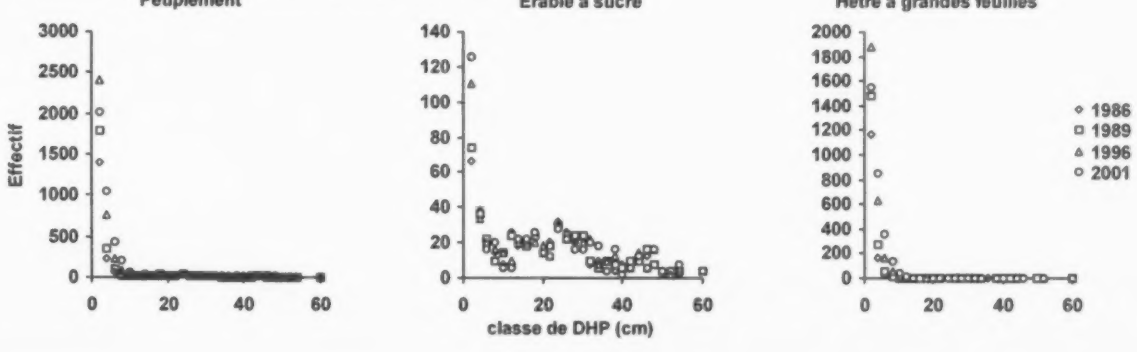
Régénération haute

	BOJ	BOP	EPR	ERE	ERP	ERR	ERS	HEG	PET	SAB
1986	232	6	14	88	334		234	1380		2
1996	148		2	38	78	2	216	1058	2	
2001	170		6	24	34	6	256	894		6

Régénération basse

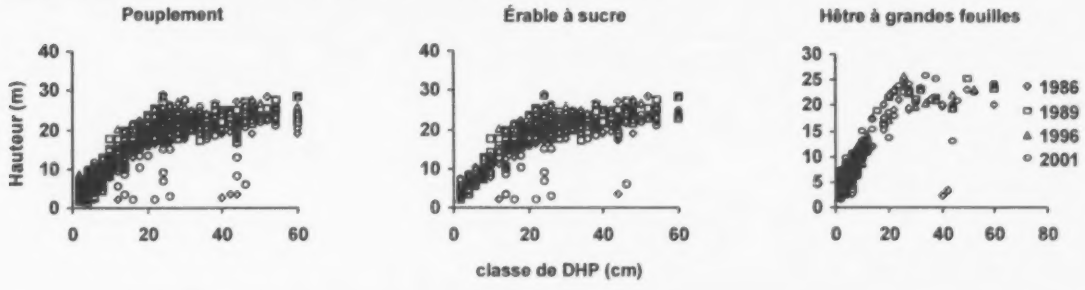
	BOJ	CET	EPR	ERE	ERP	ERR	ERS	HEG	SAB
1986	5,7		1	3,9	3,1		18,2	10,9	1
1996	6,7	1	1	2,4	3,6	1	19,5	12	1
2001	5,6		1	1	1	1	3,9	7	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP



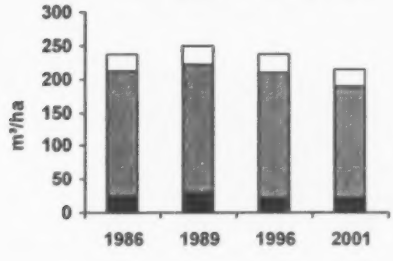
Place 301 - DUCHESNAY

Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence

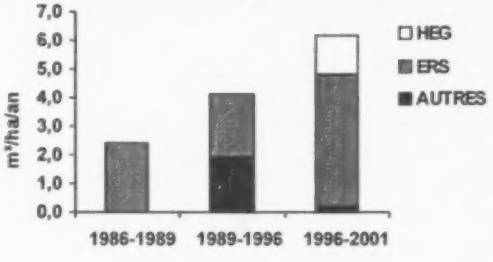


Productivité du peuplement

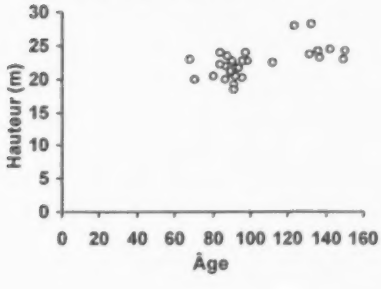
Volume marchand vivant



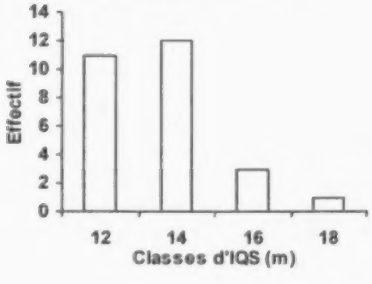
Mortalité annuelle périodique



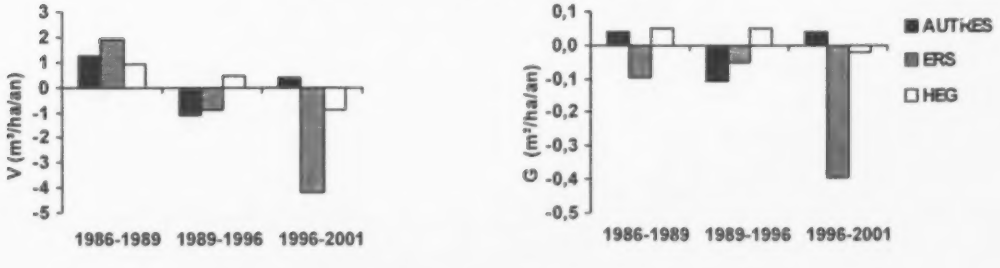
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



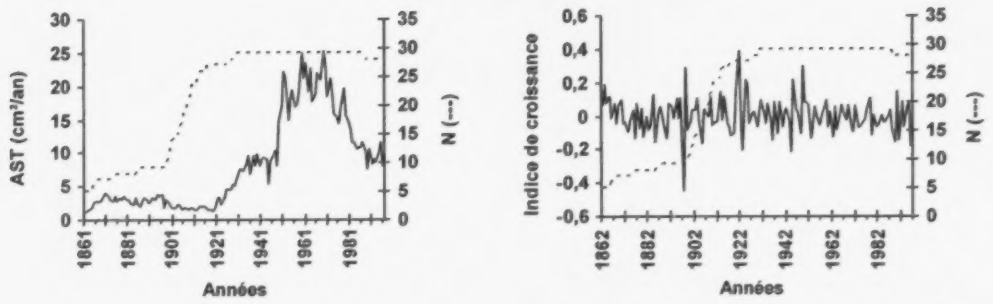
Accroissement annuel périodique



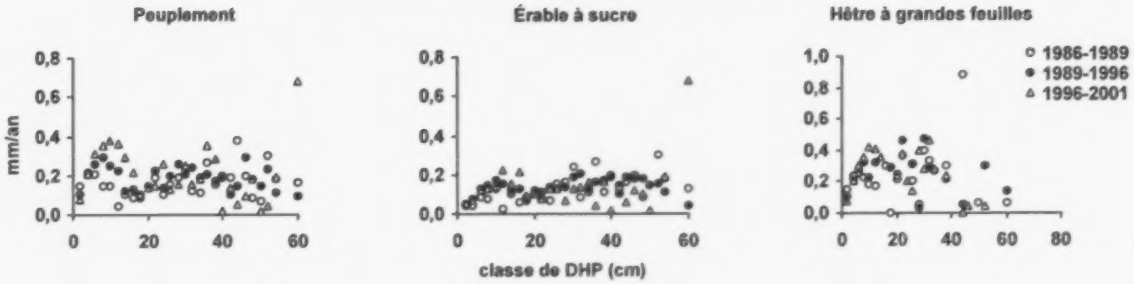
Place 301 - DUCHESNAY

Dynamique du peuplement

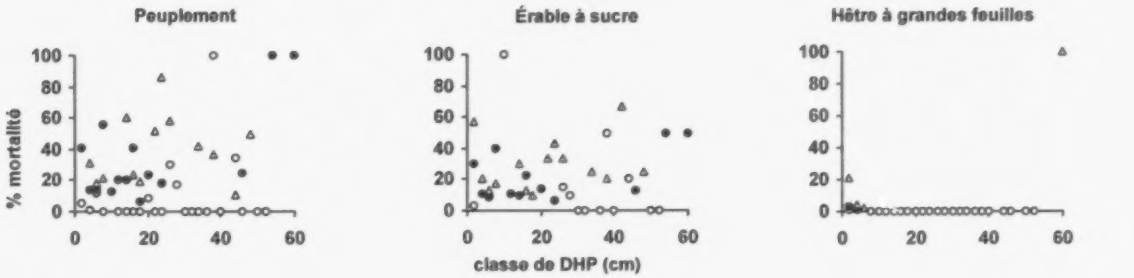
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité

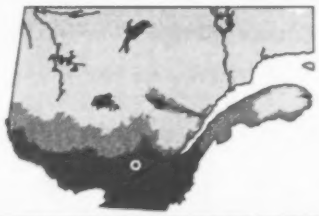


Commentaires :

Il s'agit d'une érablière pure inéquienne, de structure diamétrale irrégulière que l'on pourrait qualifier de structure de stockage, dont l'âge moyen des arbres dominants et codominants est de 100 ans et de densité moyenne (27,4 m²/ha en 1986). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 27 cm. Entre 1986 et 2001, la densité de tiges dans la strate des gaules a augmenté de 79 %, passant de 1 724 à 3 084 tiges/ha, en majorité du hêtre. La densité d'érable à sucre a plutôt enregistré une diminution dans cette strate, de l'ordre de 10 %. La strate de régénération haute est dominée par le hêtre, lequel demeure deux fois plus abondant dans cette strate bien que l'on puisse noter une certaine diminution (-35 %) au cours des quinze dernières années. Dans la régénération basse, l'abondance de l'érable à sucre a chuté énormément entre 1996 et 2001. Ces réductions dans les deux strates indiquent que la structure du peuplement tend vers une distribution en « J inversé ». L'accroissement en volume du peuplement est passé de 4,1 m³/ha/an entre 1986 et 1989 à -1,6 m³/ha/an entre 1989 à 1996, puis à -4,8 m³/ha/an entre 1996 et 2001. La cause majeure de cette baisse de croissance est la hausse de la mortalité des érables à sucre (dans toutes les classes de diamètre) et des essences compagnes (bouleau jaune). Les données de dendrochronologie montrent une poussée de croissance autour des années 1945, attribuable sans doute au dégagement subit par ces arbres par de la coupe sélective. L'accroissement en surface terrière moyen des arbres dominants a atteint un plateau entre 1950 et 1970 (20,1 cm²/arbre/an), et décline depuis de l'ordre de -0,475 ± 0,048 cm²/arbre/an.

Place 402 - SAINT-PAULIN

Code cartographique ErFt-A-1-A-II-1ay
Altitude : 275 m
Localisation : 46° 27' 48" N.; 73° 04' 00" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor



Structure et composition du peuplement

Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Hêtre à grandes feuilles		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	458	25,58	24,6 ± 10,3	230	11,54	23,0 ± 10,5	180	11,00	26,2 ± 9,5
1994	448	25,23	24,6 ± 10,7	238	11,74	22,7 ± 10,7	166	10,55	26,8 ± 9,7
1999	450	26,56	25,0 ± 11,3	240	12,57	23,3 ± 11,3	170	11,29	27,2 ± 10,3
2004	446	27,32	25,4 ± 11,7	248	13,41	23,5 ± 11,7	158	11,36	28,4 ± 10,5

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Hêtre à grandes feuilles		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	1316	1,32	2,9 ± 2,0	582	0,73	3,3 ± 2,2	378	0,32	2,6 ± 1,9
1994	1532	1,30	2,7 ± 1,9	588	0,66	3,1 ± 2,1	478	0,34	2,5 ± 1,7
1999	1898	1,48	2,6 ± 1,7	598	0,65	3,1 ± 2,1	792	0,47	2,3 ± 1,5
2004	1990	1,52	2,7 ± 1,6	550	0,55	3,0 ± 1,9	1004	0,62	2,4 ± 1,5

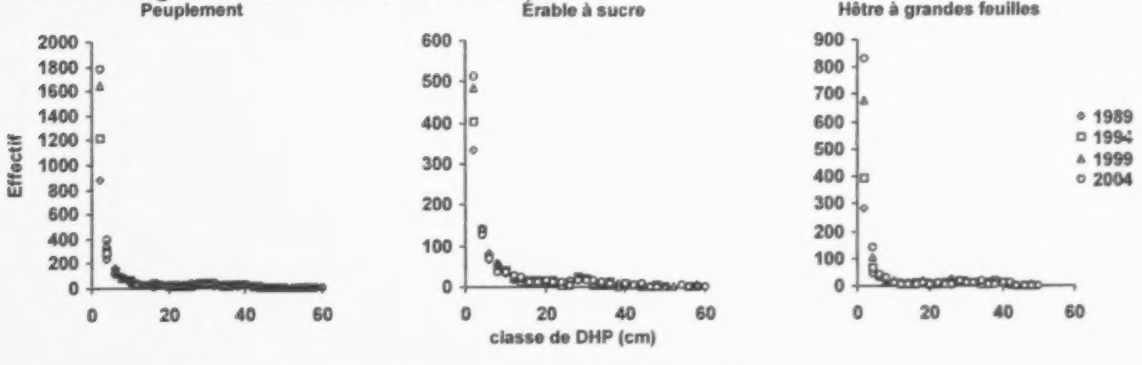
Régénération haute

	BOJ	EPR	ERE	ERP	ERR	ERS	FRA	HEG	PRU	SAB
1989	48	32	180	1032	2	1066		840	4	50
1994	36	38	150	840	14	1224		1288	4	40
1999	20	34	140	564	10	1068		1674	4	28
2004	12	20	24	272	4	544	2	1298	4	22

Régénération basse

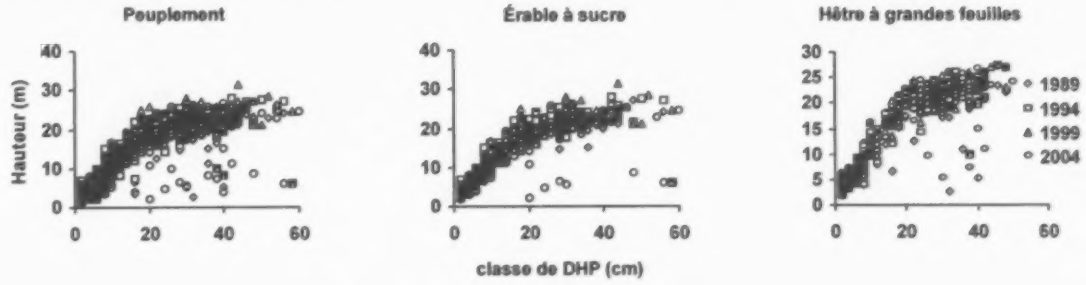
	BOJ	EPB	EPR	ERE	ERP	ERR	ERS	HEG	PRP	PRU	SAB	THO
1989	1			6,6	11,6	1,5	14,3	10,6			2	
1994	1		1,6	5,8	11,3	2,2	20,1	8,4		1	3,6	1
1999	1	1	1,6	3,1	11,1	1	15,8	29,5		1	2,3	1
2004	1	1	1,7	3,2	11,1	1,5	18	8,3	1	3	2,1	

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

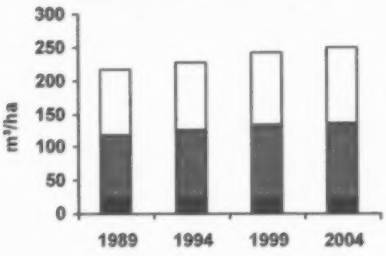


Place 402 - SAINT-PAULIN

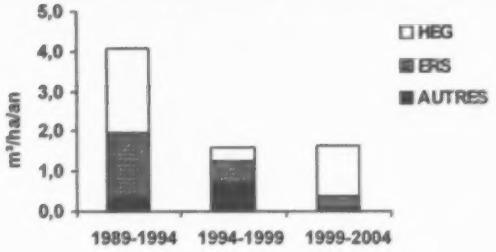
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



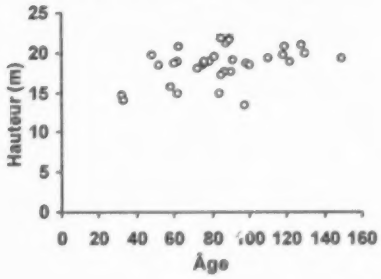
Volume marchand vivant



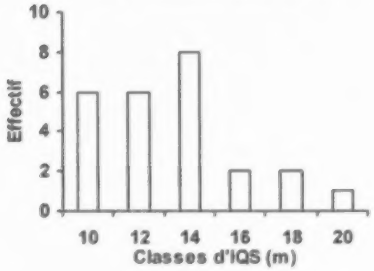
Mortalité annuelle périodique



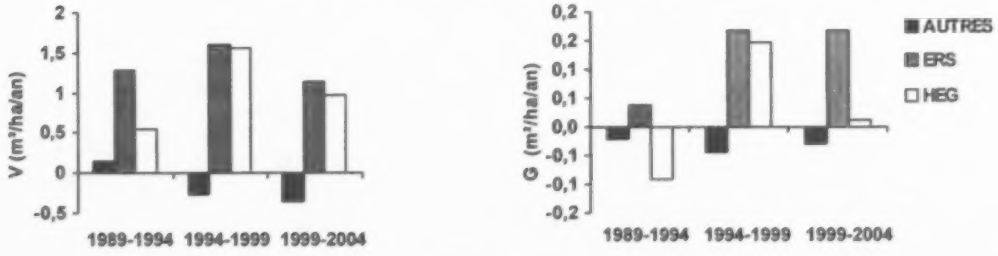
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS

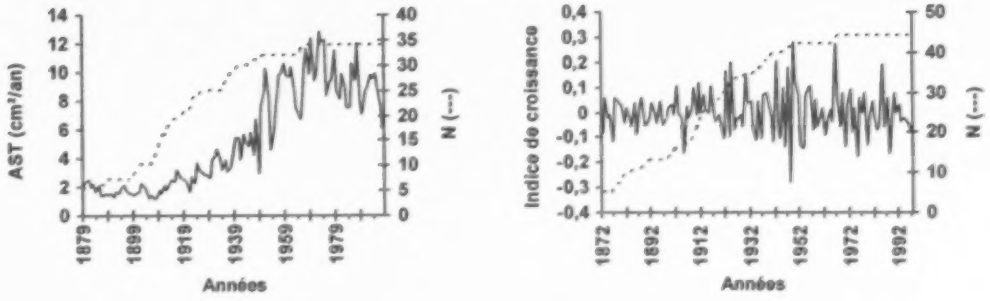


Accroissement annuel périodique

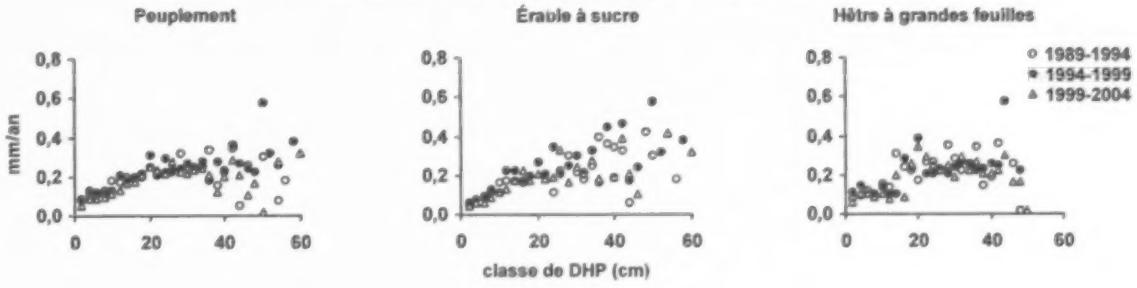


Place 402 - SAINT-PAULIN

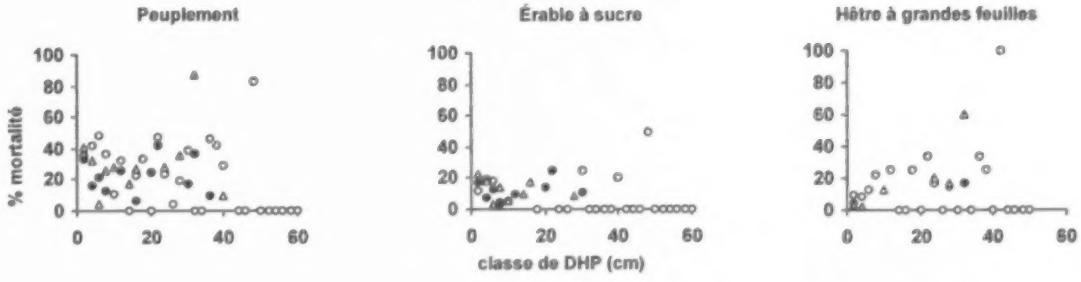
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une érablière à feuillus tolérants à l'ombre inéquienne, de structure irrégulière étagée dont l'âge moyen des arbres dominants et codominants est de 85 ans et densité moyenne (25,58 m²/ha en 1989). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 25 cm. Entre 1989 et 2004, la densité de tiges dans la strate des gaules a augmenté de 51 %, passant de 1 316 à 1 990 tiges/ha, en majorité du hêtre. La densité d'érable à sucre s'est cependant maintenue dans cette strate au cours des quinze dernières années. Dans la strate de régénération haute, seul le hêtre a accru sa présence au détriment des autres essences, au point de représenter 59 % des tiges dans cette strate en 2004. Dans la régénération basse, cependant, on ne note pas de tendance marquée. L'accroissement annuel moyen net a augmenté d'environ 1 m³/ha/an entre les périodes 1989-1994 et 1994-1999, principalement en raison de la baisse de mortalité que cette essence a connue en 1994-1999. Cependant l'accroissement en volume et en surface terrière a baissé durant la période 1999-2004 surtout en raison de la baisse de l'accroissement annuel périodique en diamètre dans toutes les classes de diamètre et ce, pour toutes les essences. L'accroissement annuel moyen en volume est de 2,2 m³/ha/an au cours des quinze dernières années. La mortalité frappe surtout le hêtre dans les classes de diamètre supérieures à 8 cm. Les données de dendrochronologie montrent que l'accroissement moyen en surface terrière des arbres dominants a atteint un plateau en 1960 à environ 9,8 cm²/arbre/an, et connaît des fluctuations annuelles importantes depuis. Ces observations indiquent que la station d'érablière est en croissance et relativement en santé, malgré la présence du phénomène d'envahissement par le hêtre en sous-étage.

Place 501 - ORFORD

Code cartographique Er-A-1-A-IV-1a
Altitude : 350 m
Localisation : 45° 21' 07" N.; 72° 14' 20" O.
Type de sol : Brunisol dystrique orthique
Type d'humus Mor

Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Érable rouge		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1988	572	32,41	24,9 ± 10,2	338	18,95	24,7 ± 10,2	124	7,70	26,8 ± 8,6
1993	530	32,59	26,0 ± 10,4	306	18,83	26,1 ± 10,2	116	7,92	28,3 ± 8,4
1998	512	32,79	26,5 ± 10,7	296	18,96	26,7 ± 10,2	100	7,73	30,3 ± 8,4
2003	464	29,76	26,4 ± 11,0	276	18,50	27,2 ± 10,6	76	6,26	31,3 ± 8,6

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Érable rouge		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1988	1106	1,03	2,7 ± 2,1	274	0,51	4,2 ± 2,5			
1993	1732	1,22	2,5 ± 1,7	310	0,48	3,7 ± 2,6			
1998	2338	1,49	2,4 ± 1,5	366	0,43	3,1 ± 2,4			
2003	2718	2,19	2,8 ± 1,5	406	0,46	3,0 ± 2,2	2	0,00	3,3 ±

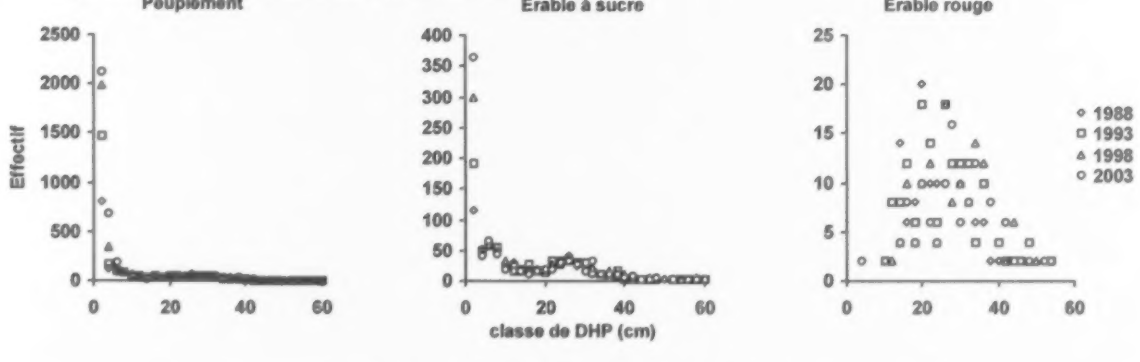
Régénération haute

	BOJ	CET	ERE	ERP	ERR	ERS	FRA	HEG	ORA	OSV	PRU	TIL
1988	46	2	30	1234	2	660	54	890		152		4
1993	64		34	1506	2	822	122	872		178	2	12
1998	38		12	766		476	82	712	2	86		6
2003	8		4	460		296	58	466		46		

Régénération basse

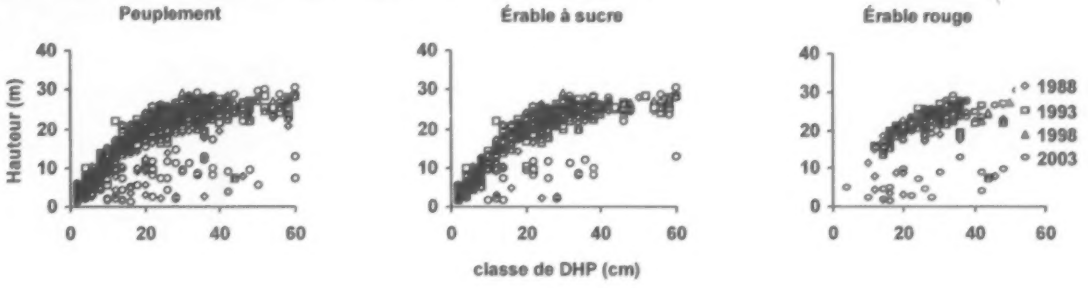
	BOJ	CET	EPB	EPR	ERE	ERP	ERR	ERS	FRA	HEG	ORA	OSV	PET	PRP	PRV	SAB	SOA	TIL
1988	6,4	1	1	1	9,5	14	2,4	25,8	9,9	10,8	1	7,2	1		1	1	1	5
1993	1	1		1	1	10,8	1	16,3	3,6	2,8	1	1						1
1998	1			1	1	11,6	1	14,5	7,9	6,8		1		1				1
2003	1	1		1	1	11,5	1,6	9,9	8,5	2,8		1					1	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP



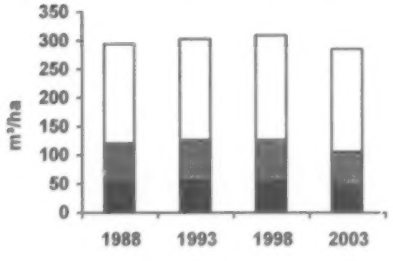
Place 501 - ORFORD

Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence

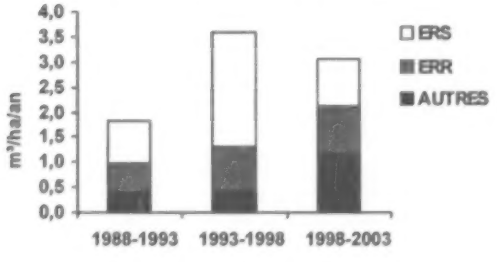


Productivité du peuplement

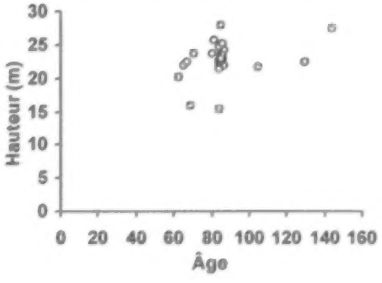
Volume marchand vivant



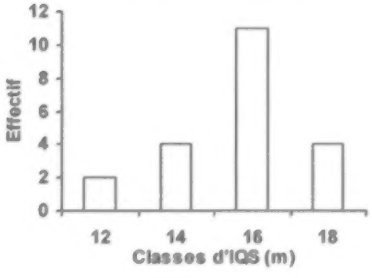
Mortalité annuelle périodique



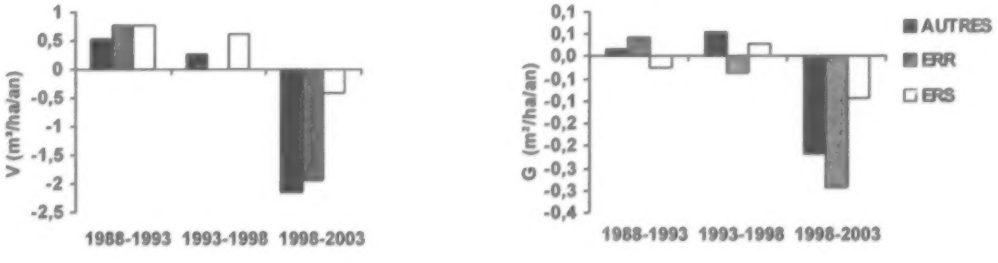
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



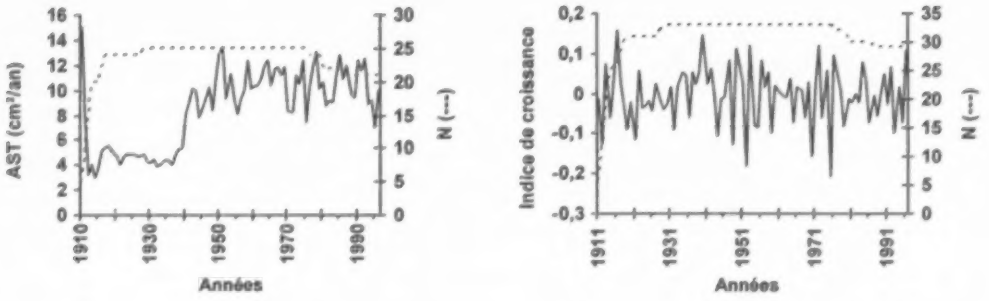
Accroissement annuel périodique



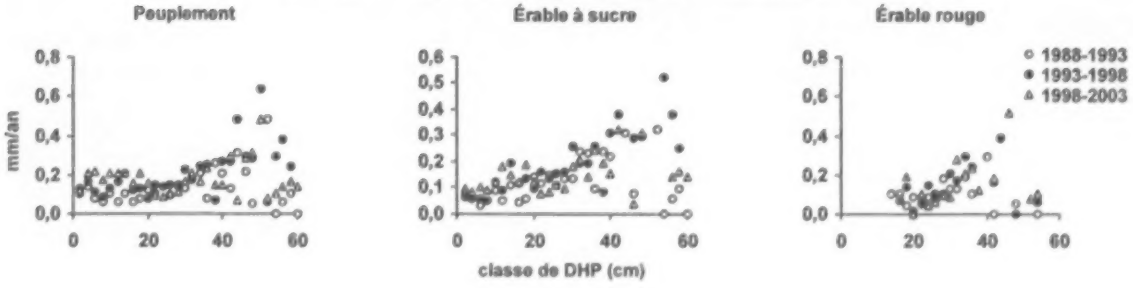
Place 501 - ORFORD

Dynamique du peuplement

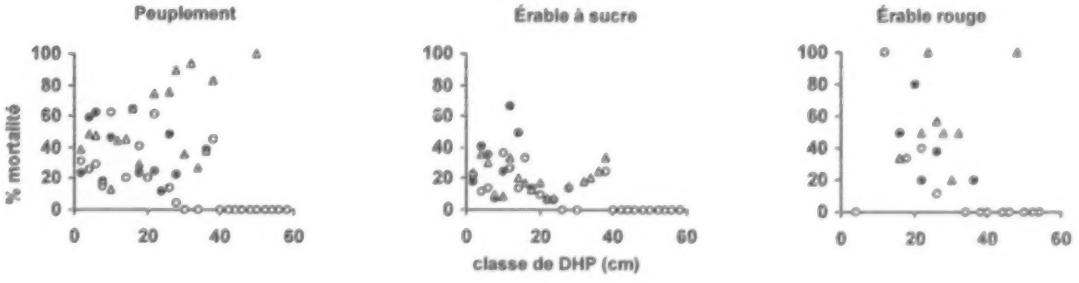
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires:

Il s'agit d'une érablière à feuillus intolérants à l'ombre équienne, de structure irrégulière étagée dont l'âge moyen des arbres dominants et codominants est de 85 ans et densité élevée (32,41 m²/ha en 1988). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 26 cm. Entre 1988 et 2003, la densité de tiges dans la strate des gaules a augmenté d'un facteur 2,5, passant de 1 106 à 2 718 tiges/ha. La strate de régénération haute était dominée par l'érable de Pennsylvanie en 1988 (1 234 tiges/ha), mais en 2003 on en dénombrait plus que 37 % d'entre elles. Les autres essences ont aussi connu des baisses, mais moins dramatiques, mis à part le frêne d'Amérique qui s'est maintenu dans cette strate. En 2003, cette dernière était devenue dominée par le hêtre (466 tiges/ha). Dans la régénération basse, on peut noter une baisse dans l'abondance des essences entre 1988 et 2003, sauf pour l'épinette rouge, l'érable rouge, le frêne d'Amérique, l'érable de Pennsylvanie et le tilleul. Ces réductions dans ces deux strates indiquent que la structure du peuplement tend vers une distribution en « J inversé ». L'accroissement en volume du peuplement est passé de 2,1 m³/ha/an entre 1988 et 1993 à 0,9 m³ha/an entre 1993 à 1998, puis à -4,5 m³/ha/an entre 1998 et 2003. La cause majeure de cette baisse de croissance est la hausse de mortalité principalement des érables à sucre (dans les classes de diamètre de moins de 20 cm et dans celle de 60 cm et plus) survenue entre 1993 et 1998 et des autres essences compagnes (bouleau jaune, frêne, etc.) entre 1998 et 2003. Il y a eu également une baisse généralisée de l'accroissement annuel périodique en volume de toutes les essences dans les classes de diamètre de 40 cm et plus entre 1998 et 2003. Les données de dendrochronologie montrent une poussée de croissance autour des années 1940, attribuable sans doute au dégagement subit par ces arbres par de la coupe sélective. L'accroissement en surface terrière moyen des arbres dominants a atteint un plateau depuis 1950 (10,6 cm²/arbre/an).

Place 502 - LA PATRIE

Code cartographique ErFi-C-2-A-II-1a
Altitude : 480 m
Localisation : 45° 22' 38" N.; 71° 14' 47" O.
Type de sol : Podzol ferro-humique orthique
Type d'humus Mor

Structure et composition du peuplement

Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Hêtre à grandes feuilles		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1988	460	28,67	25,5 ± 12,0	232	10,22	21,3 ± 10,3	100	8,80	30,8 ± 13,2
1993	426	27,14	25,8 ± 12,0	236	10,65	21,6 ± 10,4	80	7,28	31,6 ± 12,8
1998	404	25,71	25,8 ± 12,0	234	10,99	22,2 ± 10,3	66	5,54	30,0 ± 13,1
2003	426	25,40	24,7 ± 12,2	264	11,74	21,3 ± 10,7	68	5,42	28,7 ± 14,0

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Hêtre à grandes feuilles		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1988	1262	1,04	2,7 ± 1,8	500	0,79	4,0 ± 2,1	712	0,21	1,8 ± 0,8
1993	2156	1,42	2,4 ± 1,6	432	0,80	4,4 ± 2,2	1546	0,55	2,0 ± 0,9
1998	2644	2,15	2,8 ± 1,5	376	0,84	4,8 ± 2,3	1994	1,17	2,5 ± 1,1
2003	3628	3,70	3,2 ± 1,7	340	0,79	4,9 ± 2,4	2762	2,55	3,1 ± 1,5

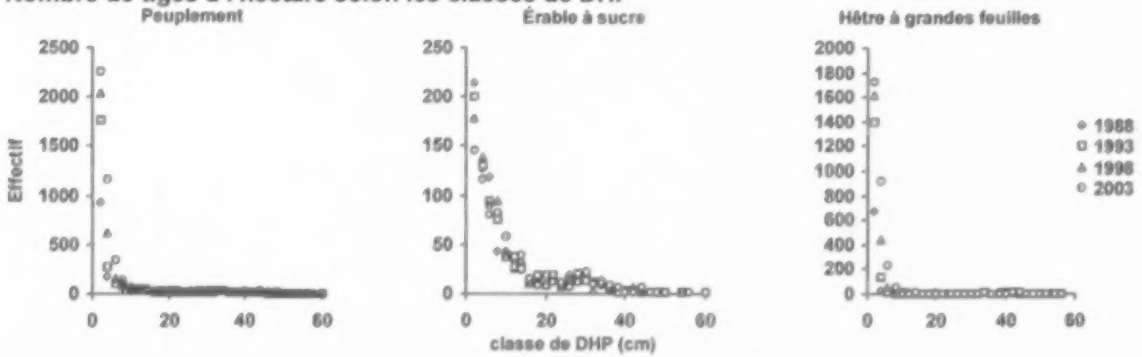
Régénération haute

	BOJ	EPB	EPR	ERE	ERP	ERR	ERS	HEG	PRP	PRU	SAB
1988	32		12		368		116	1898			6
1993	20		12	4	382	8	94	1672	8		
1998	20		12		246	32	86	1038	4	2	8
2003	10	4	4		160	166	60	1026	4		

Régénération basse

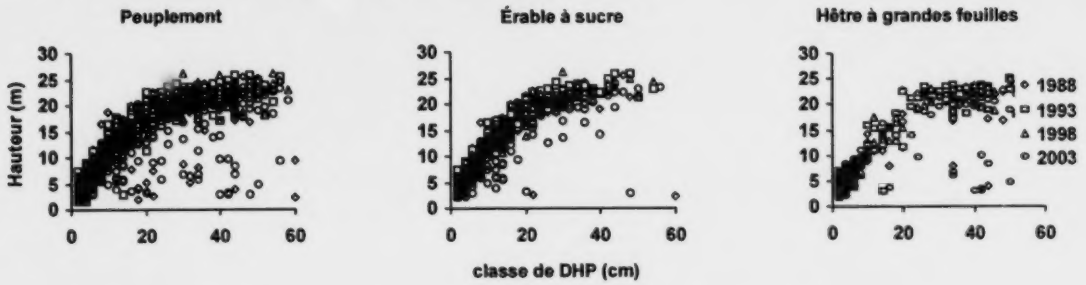
	AME	BOJ	EPR	ERE	ERP	ERR	ERS	FRA	HEG	PRP	SAB
1988	1	2,3	2,2		5,6	4,9	5,1		11,8	1	1
1993		1,7	1		4,1	7,5	3	1	10,6	1	1
1998		1	1	1	7,6	15,1	3,2		11,8	1	1
2003		1	1		1	9,7	1,3		1,8	1	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

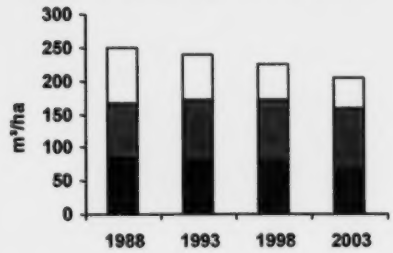


Place 502 - LA PATRIE

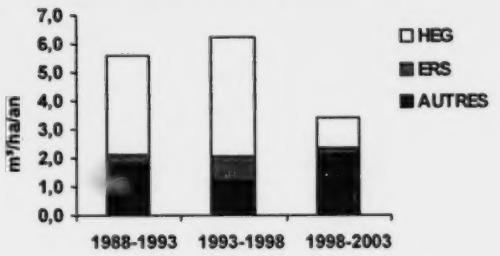
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



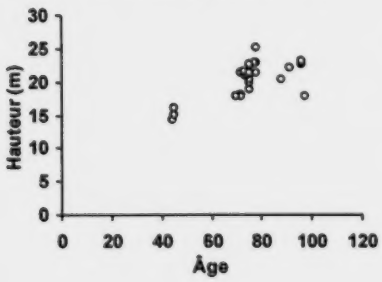
Volume marchand vivant



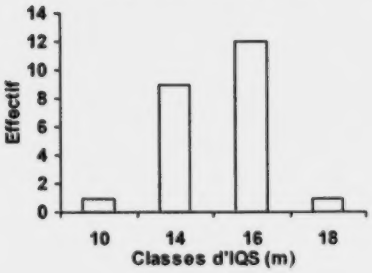
Mortalité annuelle périodique



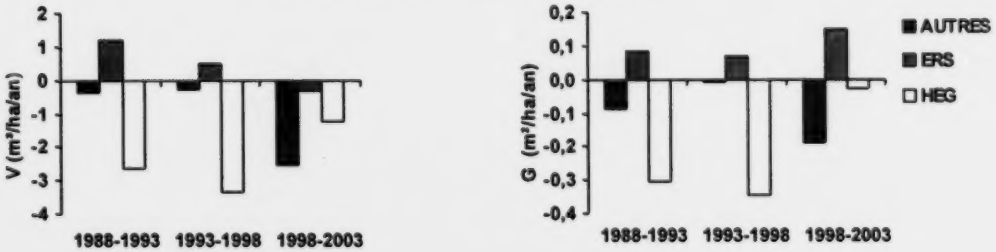
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



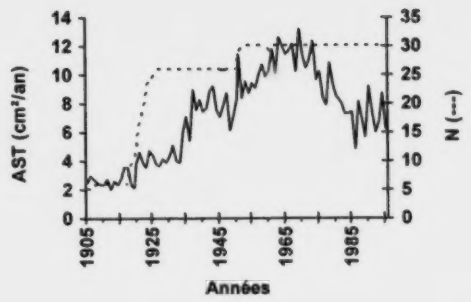
Accroissement annuel périodique

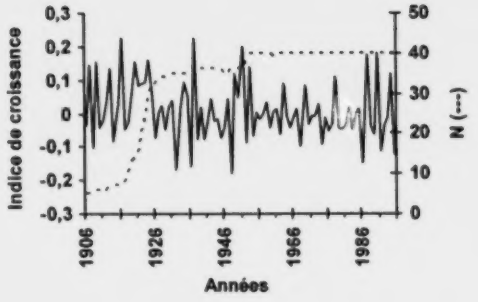


Place 502 - LA PATRIE

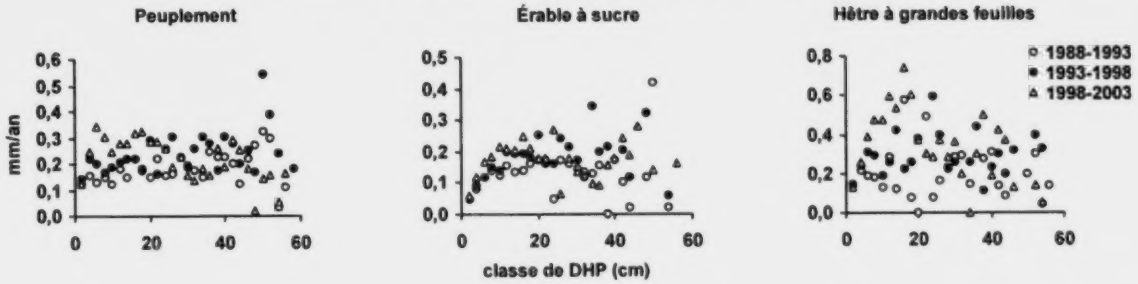
Dynamique du peuplement

Dendrochronologie

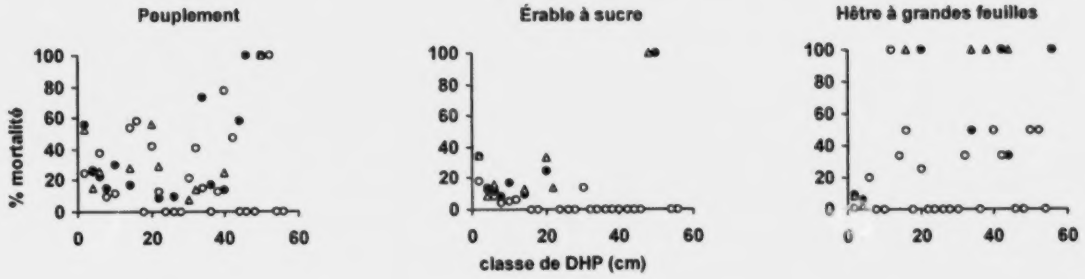




Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une érablière à feuillus intolérants à l'ombre, équienne, de structure irrégulière étagée dont l'âge moyen des arbres dominants et codominants est de 75 ans et densité moyenne (28,7 m²/ha en 1988). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 26 cm. Entre 1988 et 2003, la densité de tiges dans la strate des gaules a augmenté d'un facteur de 2,9, passant de 1 262 à 3 628 tiges/ha, en majorité du hêtre. La densité d'érable à sucre a plutôt enregistré une diminution dans cette strate, de l'ordre de 32 %. La strate de régénération haute est aussi dominée par le hêtre, bien qu'il ait connu une diminution (-46 %) au cours des quinze dernières années. L'érable rouge s'installe de plus en plus dans cette strate. Dans la régénération basse, l'abondance de l'érable rouge a aussi augmenté au cours de cette période. L'accroissement en volume du peuplement est passé de -1,9 m³/ha/an entre 1988 et 1993 à -3,1 m³/ha/an entre 1993 à 1998, puis à -4,1 m³/ha/an entre 1998 et 2003. La cause majeure de cette baisse de croissance est la hausse de mortalité du hêtre survenue (dans les classes de diamètre de 10 cm et plus) entre 1988 et 1998 (maladie corticale du hêtre) et des autres essences compagnes comme l'érable à sucre (le frêne d'Amérique principalement) entre 1998 et 2003. L'érable à sucre a aussi connu une baisse de son accroissement annuel périodique dans les classes de diamètre de 30 cm et plus entre 1998 et 2003. Les données de dendrochronologie montrent une poussée de croissance entre les années 1915 et 1965, puis une chute jusqu'en 1985 à partir de laquelle la croissance est très variable d'une année à l'autre (moyenne de 7 cm²/arbre/an).

Place 503 - KNOWLTON

Code cartographique Er-B-1-A-II-1ay
Altitude : 330 m
Localisation : 45° 11' 57" N.; 72° 30' 25" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Moder

Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Pruche de l'est		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
2000	400	37,02	31,8 ± 13,2	366 ,667	35,81	33,0 ± 12,4	20	1,12	23,0 ± 16,6

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Pruche de l'est		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
2000	666,667	0,72	3,1 ± 2,0	46,6667	0,04	2,6 ± 2,1	180	0,38	4,8 ± 2,1

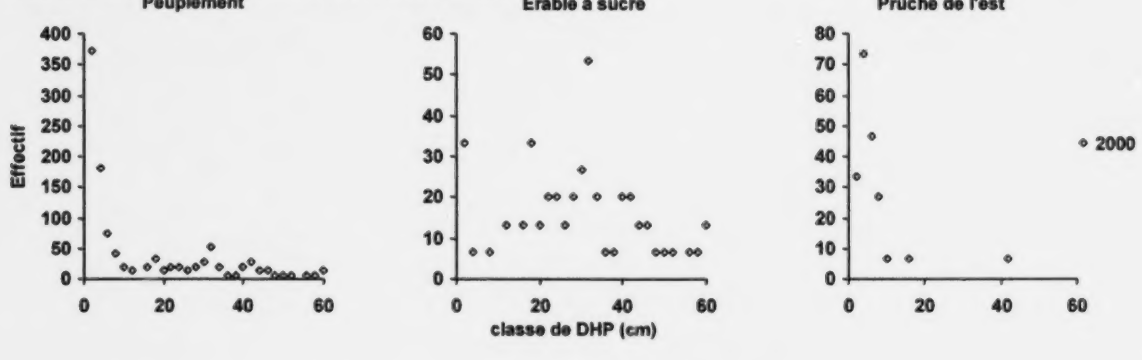
Régénération haute

	EPR	ERP	ERS
2000	173,33	600	66,67

Régénération basse

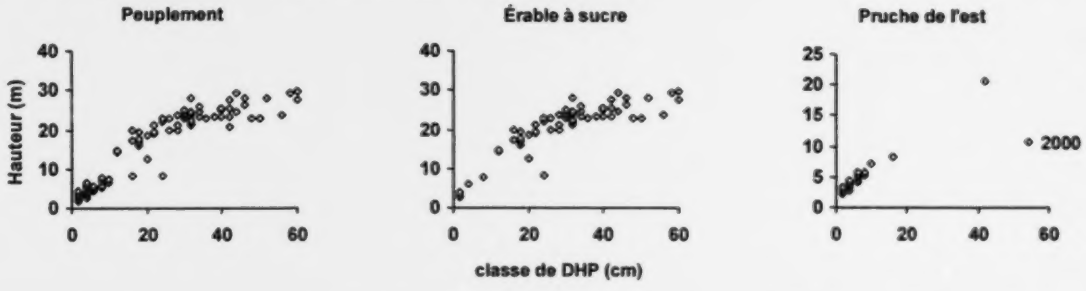
	BOJ	CET	EPR	ERP	ERR	ERS	FRA	HEG	PRU	SAB	SAL
2000	1	3,4	11	13	1	11,5	1	1	1	1	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

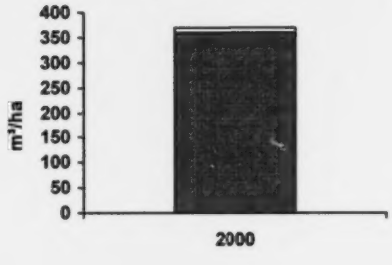


Place 503 - KNOWLTON

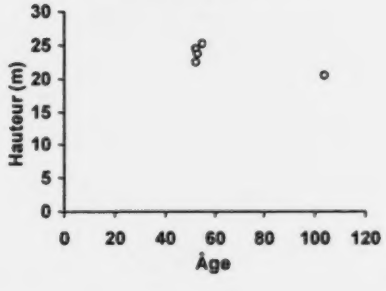
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



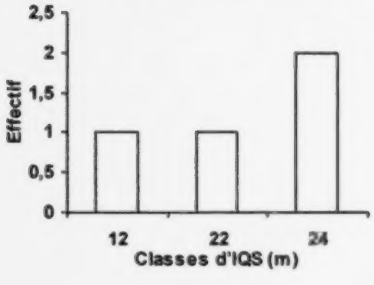
Volume marchand vivant



Relation âge/hauteur

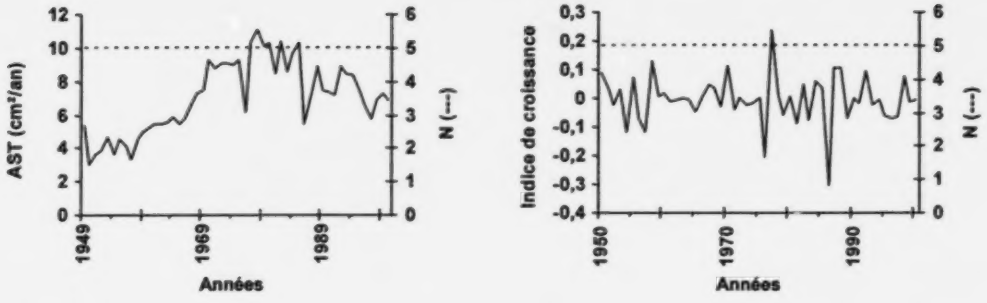


Répartition des IQS

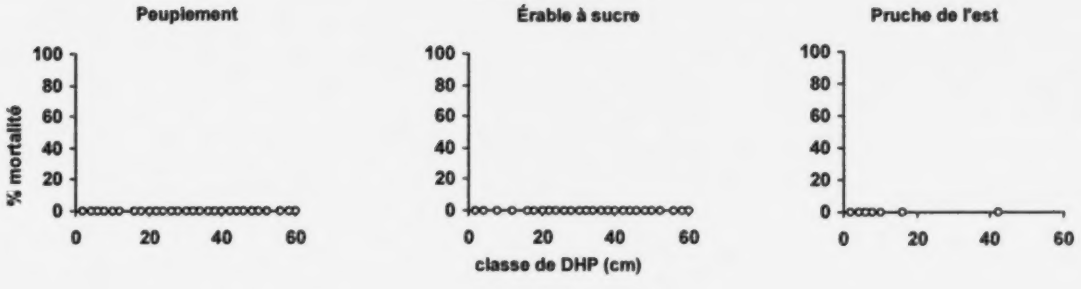


Place 503 - KNOWLTON

Dendrochronologie



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une érablière pure de structure irrégulière étagée dont l'âge moyen est de 55 ans et densité très élevée (37 m²/ha en 2000). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 32 cm. Les données de dendrochronologie montrent que l'accroissement moyen en surface terrière des arbres dominants diminue à un rythme de -0,091 ± 0,025 cm²/arbre/an depuis 1970.

Place 701 - GATINEAU

Code cartographique Er-C-1-A-II-1a
Altitude : 335 m
Localisation : 45° 31' 25" N.; 75° 55' 30" O.
Type de sol : Brunisol dystrique orthique
Type d'humus Mull

Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Tilleul d'Amérique		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1987	480	27,73	24,2 ± 12,2	428	22,72	23,5 ± 11,2	24	3,41	38,3 ± 19,4
1992	464	28,29	25,0 ± 12,4	412	23,10	24,2 ± 11,3	24	3,48	38,7 ± 19,5
1997	444	30,15	26,5 ± 12,7	398	24,80	25,6 ± 11,7	22	3,56	41,5 ± 19,4
2002	394	28,99	27,8 ± 12,8	360	24,96	27,1 ± 12,1	16	2,36	39,3 ± 19,6

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Tilleul d'Amérique		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1987	330	0,71	4,7 ± 2,2	296	0,69	5,0 ± 2,2	10	0,00	2,2 ± 0,6
1992	236	0,50	4,6 ± 2,4	194	0,47	5,1 ± 2,3	14	0,01	2,2 ± 0,9
1997	272	0,38	3,5 ± 2,4	178	0,34	4,1 ± 2,7	30	0,01	2,2 ± 0,8
2002	1172	0,61	2,2 ± 1,4	832	0,39	2,0 ± 1,4	44	0,05	3,2 ± 1,8

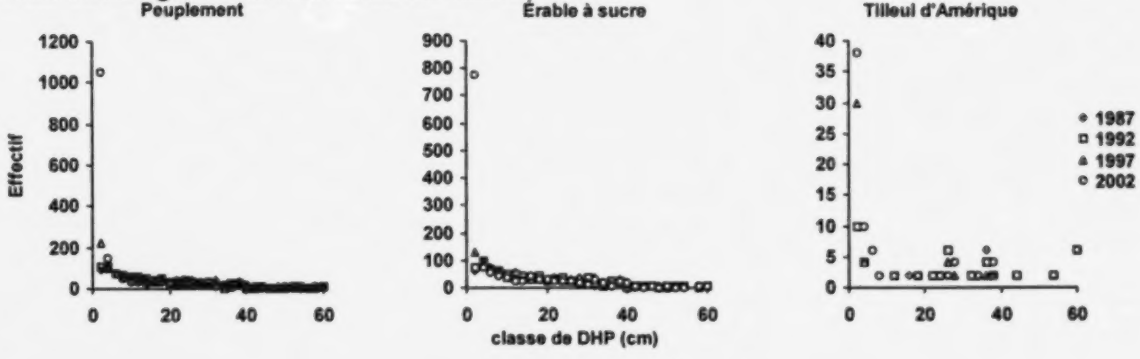
Régénération haute

	AME	CAC	CET	EPB	ERP	ERS	FRA	FRN	HEG	NOC	OSV	PRP	TIL
1987					6	628	2		60		4	2	10
1992					8	502		2	110	2	2		16
1997					16	1260	8		166		2		10
2002	2	6	34	2	76	7156	146		180	20	10		64

Régénération basse

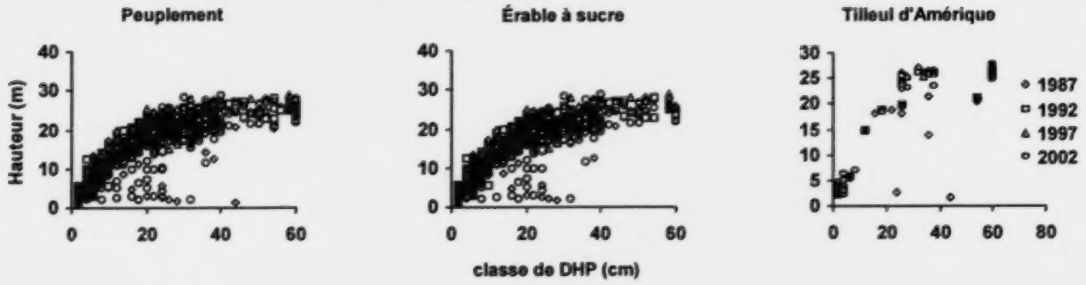
	AME	BOJ	CAC	CET	CHR	EPB	ERP	ERS	FRA	FRN	HEG	NOC	ORA	OSV	PRP	PRV	TIL
1987		1		2,3	1		2,6	27,5	2,7		3,9	1	1	1	1	1	3
1992				1			1	56,5		1	4,4	1	1	1			1,9
1997				1			1	58,3	1		6,4			1			1
2002	1		1	1,5	1	1	1	51,5	1,7		5,3	1		1			1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

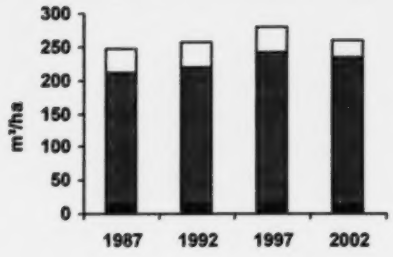


Place 701 - GATINEAU

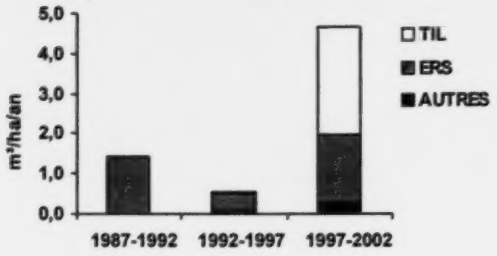
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



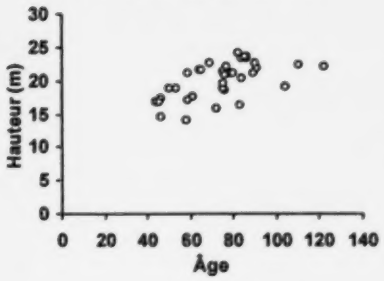
Volume marchand vivant



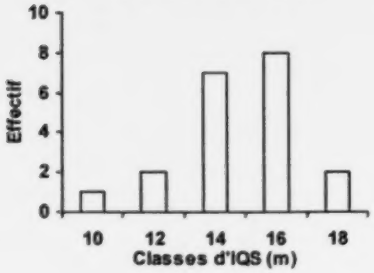
Mortalité annuelle périodique



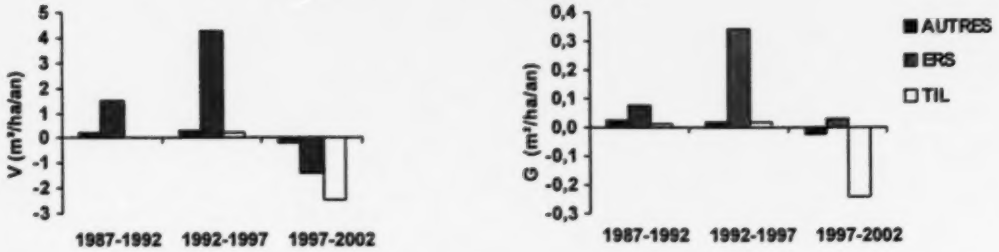
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



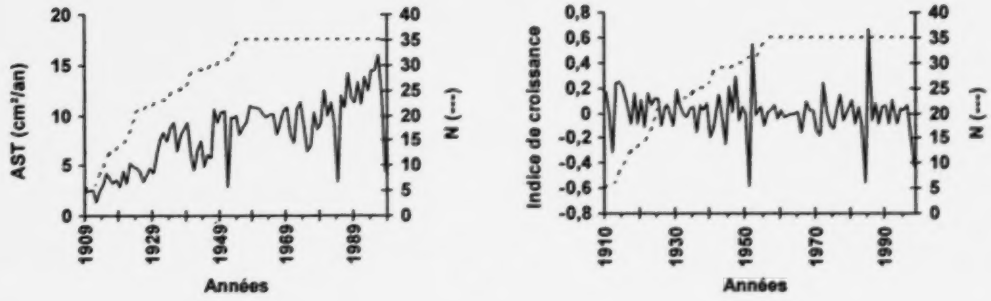
Accroissement annuel périodique



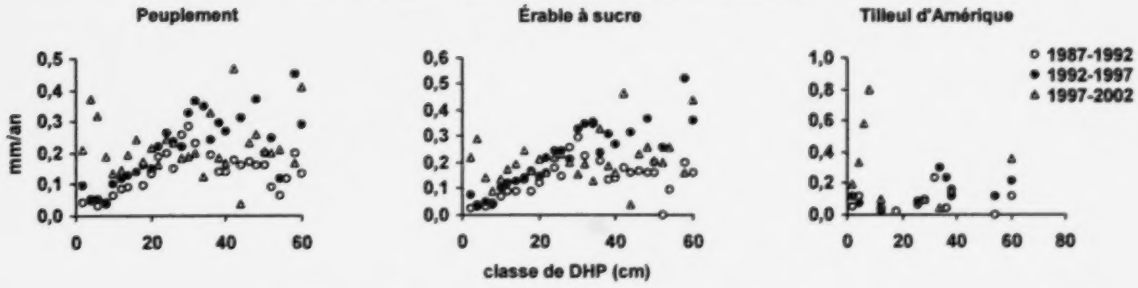
Place 701 - GATINEAU

Dynamique du peuplement

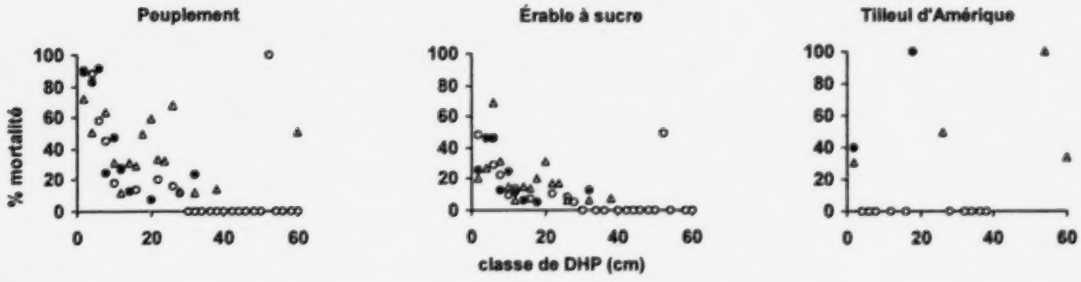
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité

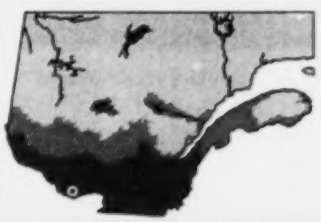


Commentaires :

Il s'agit d'une érablière pure de structure en « J inversé » de densité moyenne (27,7 m²/ha en 1987). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 25 cm. Entre 1987 et 1997, la densité de tiges dans la strate des gaules, surtout d'érable à sucre, a diminué de 18 %, passant de 330 à 272 tiges/ha, puis elle a remonté à 1 172 tiges/ha, en majorité en érable à sucre entre 1997 et 2002. Toute une série d'espèces sont apparues entre 1997 et 2002 dans la strate de régénération haute; l'érable à sucre est demeuré l'essence la plus abondante dans cette strate (1 260 tiges/ha en 1997) et a même augmenté d'un facteur de presque 6 entre 1997 et 2002. Dans la régénération basse, on observe aussi l'installation de nouvelles essences entre 1997 et 2002 comme l'amélanchier, le caryer cordiforme, le chêne rouge, l'épinette blanche et le noyer cendré. L'accroissement annuel moyen net était positif entre 1987 et 1997, mais est devenu négatif entre 1997 et 2002 (-4 m³/ha/an). La mortalité était pratiquement inexistante entre 1987 et 1997, mais elle a frappé surtout le tilleul et l'érable à sucre entre 1997 et 2002. L'épisode du verglas de l'hiver 1998 est la cause principale de la plupart des changements observés dans cette station entre 1997 et 2002.

Place 702 - GATINEAU

Code cartographique ErFi-B-1-A-II-1a
Altitude : 215 m
Localisation : 45° 35' 09" N.; 75° 57' 40" O.
Type de sol : Brunisol dystrique orthique
Type d'humus Mull



Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Frêne d'Amérique		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1988	502	26,27	23,6 ± 10,4	332	16,86	23,0 ± 11,0	60	2,88	24,1 ± 5,5
1993	452	26,33	25,1 ± 10,6	294	16,82	24,6 ± 11,1	56	3,14	26,2 ± 5,6
1998	406	27,51	27,4 ± 10,7	266	17,50	26,7 ± 11,2	52	3,51	28,7 ± 6,1
2003	378	27,46	28,3 ± 11,0	256	17,84	27,4 ± 11,7	48	3,80	31,2 ± 6,2

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Frêne d'Amérique		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1988	320	0,46	3,5 ± 2,5	158	0,43	5,6 ± 1,8			
1993	638	0,35	2,1 ± 1,6	80	0,23	5,8 ± 1,8			
1998	978	0,48	2,2 ± 1,3	62	0,19	5,9 ± 2,2	8	0,00	1,4 ± 0,2
2003	2494	1,23	2,3 ± 1,1	392	0,17	1,9 ± 1,4	176	0,04	1,6 ± 0,4

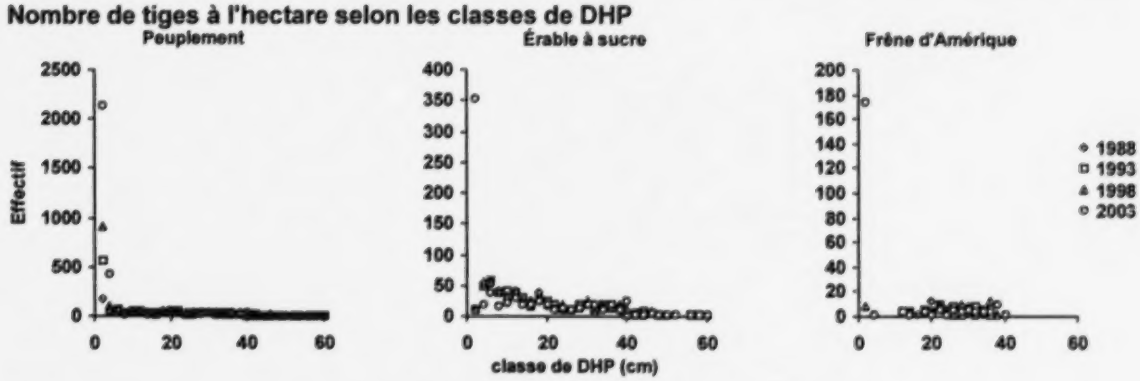
Régénération haute

	AME	BOP	CET	CHR	ERP	ERS	FRA	HEG	OSV	PET	PRU	TIL
1988					6	6	2	202	1036		2	
1993					12	238	62	788	1288			8
1998		2			14	1054	132	656	554			22
2003	2		6	2	24	4412	902	718	488	16		40

Régénération basse

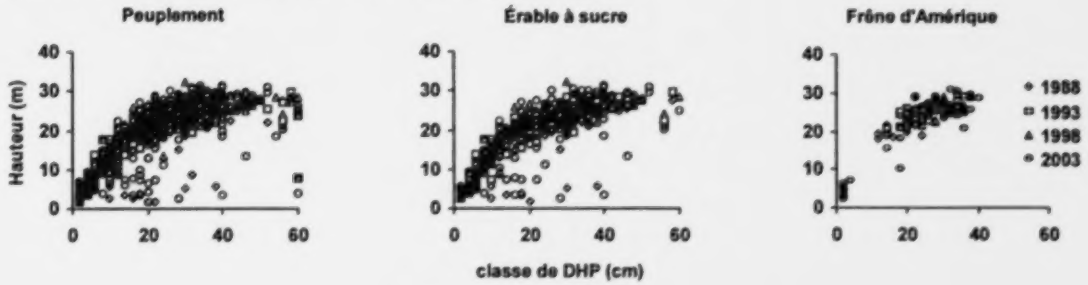
	BOJ	CET	CHR	EPB	ERP	ERR	ERS	FRA	HEG	ORA	OSV	PEG	PET	PIB	PRP	PRU	PRV	SAB	TIL
1988	5	4,5	1	1	2,7	1	39	6,3	13,9		12,3	1	1	1		1		1	4
1993	1	1	1		1	1	44,3	3,2	3,2	1	1,3		1	1			1	1	1
1998		1	1		1	1	36	10,9	7,3	1	5		3,2	1	1	1		1	1,8
2003	1	1	1		1	1	17,5	6,1	4,7	1	1,9			1		1		1	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP



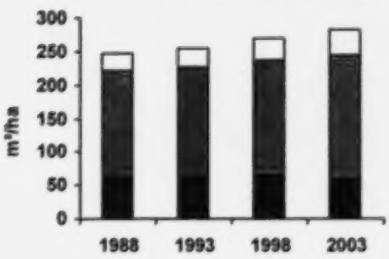
Place 702 - GATINEAU

Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence

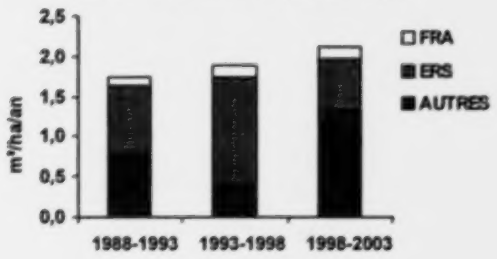


Produit annuel périodique

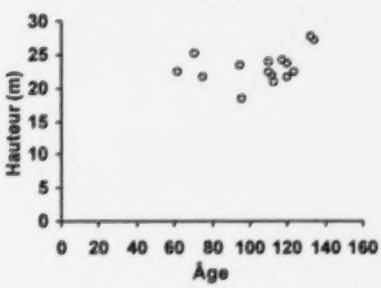
Volume marchand vivant



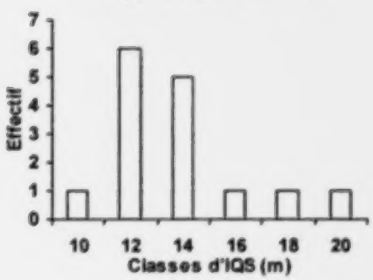
Mortalité annuelle périodique



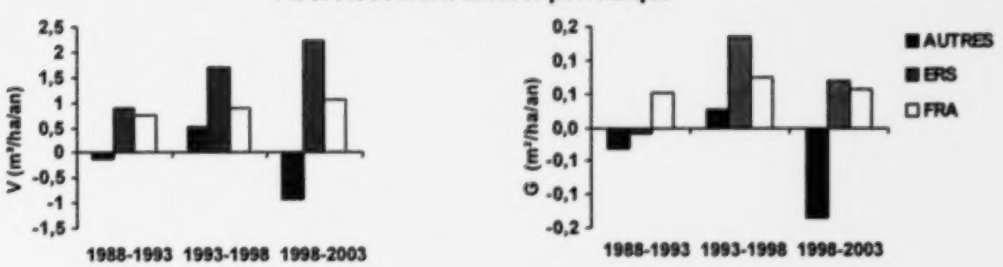
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



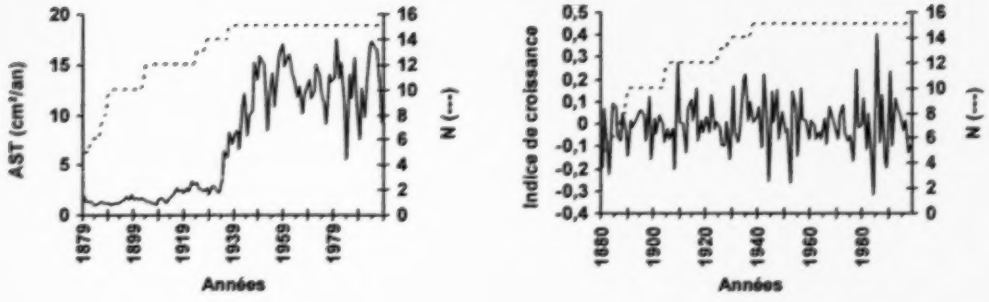
Accroissement annuel périodique



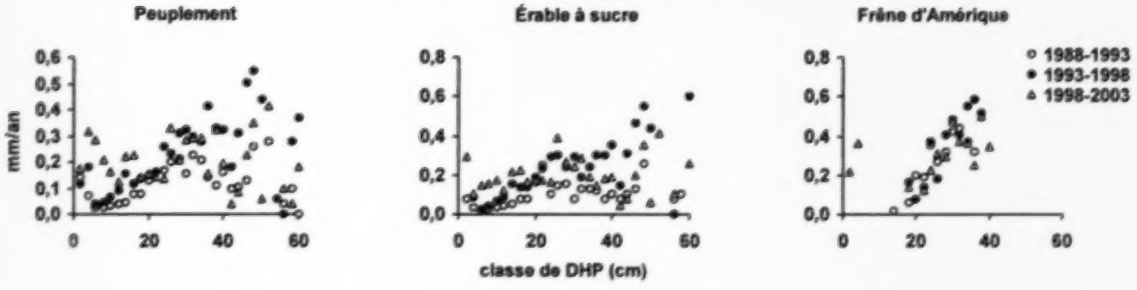
Place 702 - GATINEAU

Dynamique du peuplement

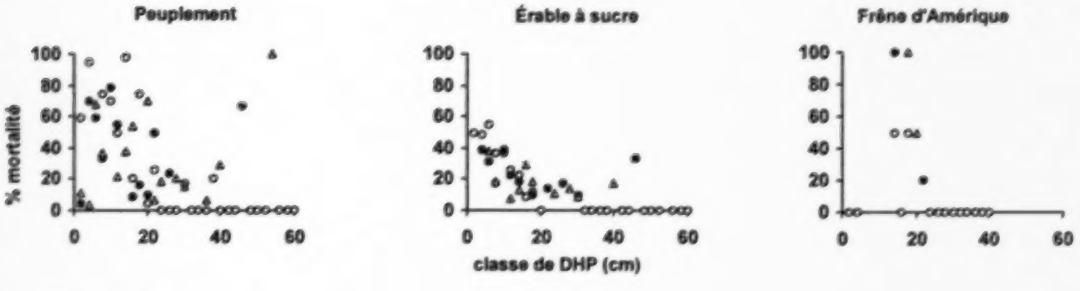
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une érablière à feuillus intolérants à l'ombre, inéquienne, de structure diamétrale en « J inversé » dont l'âge moyen des arbres dominants et codominants est de 105 ans, et de densité moyenne (26,27 m²/ha en 1988). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 28 cm en 2003. Entre 1988 et 2003, la densité de tiges dans la strate des gaules a augmenté d'un facteur 7,8, passant de 320 à 2 494 tiges/ha. La strate de régénération haute était dominée par l'ostryer de Virginie en 1988 (1 036 tiges/ha), mais ce dernier a subi une baisse de densité de 53 % de 1988 à 2003. Toutes les autres essences ont cependant enregistré des hausses de densité durant cette période; l'érable à sucre a enregistré la hausse la plus spectaculaire (4 406 tiges en 15 ans) pour dominer cette strate en 2003. Dans la régénération basse, on a recensé jusqu'à dix-neuf espèces arborescentes. L'accroissement en volume du peuplement est stable à environ 2,3 m³/ha/an au cours des quinze dernières années. La mortalité a touché surtout les érables à sucre de moins de 20 cm de diamètre entre 1993-1998 et les autres essences compagnes (autres que le frêne d'Amérique) en 1998-2003. Les données de dendrochronologie montrent une poussée de croissance à partir de 1935, attribuable sans doute au dégagement subit par ces arbres par de la coupe sélective. L'accroissement en surface terrière moyen des arbres dominants a atteint un plateau depuis 1950 (13,1 ± 2,6 cm²/arbre/an). Le grand verglas de 1998 ne semble pas avoir touché cette station autant que la station 701, située plus au sud.

Place 703 - LYTTON

Code cartographique Er-A-1-A-II-1a
Altitude : 270 m
Localisation : 46° 39' 50" N.; 76° 06' 30" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor

Structure et composition du peuplement

Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Pruche de l'est		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1990	464	28,49	26,0 ± 10,4	330	21,00	26,8 ± 9,7	42	3,12	29,9 ± 7,4
1995	448	29,45	26,9 ± 10,6	324	21,87	27,7 ± 9,8	42	3,27	30,6 ± 7,6
2000	446	30,86	27,6 ± 10,9	316	22,71	28,6 ± 10,0	42	3,53	31,8 ± 7,8

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Pruche de l'est		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1990	968	0,77	2,6 ± 1,9	372	0,43	3,2 ± 2,1	6	0,00	1,2 ± 0,1
1995	1252	0,80	2,4 ± 1,6	298	0,31	3,1 ± 1,9	22	0,01	1,6 ± 0,6
2000	1754	1,08	2,4 ± 1,4	298	0,27	2,8 ± 1,8	36	0,02	2,5 ± 1,1

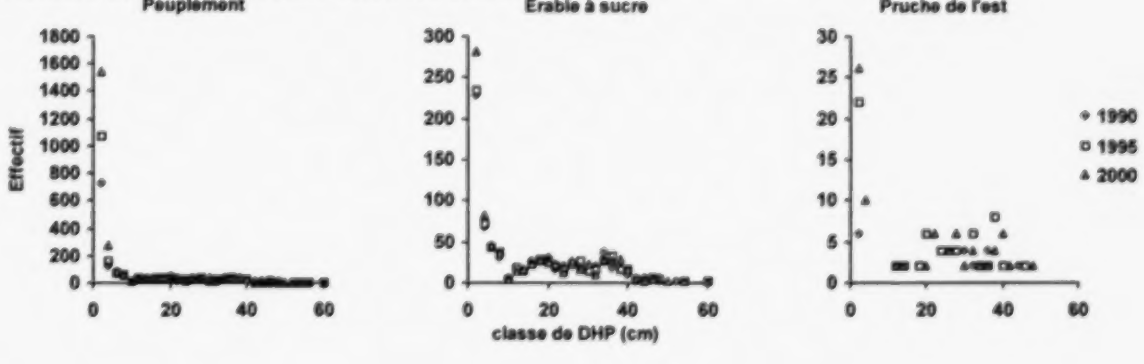
Régénération haute

	BOJ	CET	CHR	EPB	ERE	ERP	ERR	ERS	HEG	OSV	PIB	PRU	SAB	TIL
1990	66	2		14	110	662	10	926	160	144		42	42	280
1995	106		4	2	168	764	18	1142	278	332		46	56	264
2000	100		2	2	130	742	10	1118	218	220	2	48	78	170

Régénération basse

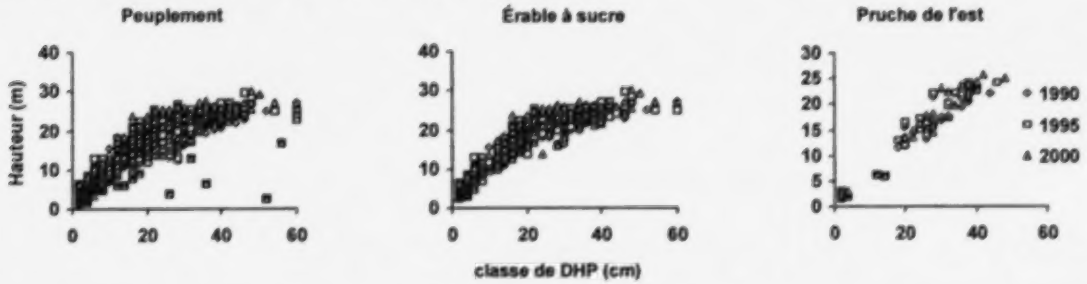
	BOJ	CHR	EPB	ERE	ERP	ERR	ERS	HEG	OSV	PIB	PRU	SAB	SOA	THO	TIL
1990	2,1	1	1	8,2	11,3	1	83,5	5,7	1	1	2,1	13,6		1	6,2
1995	1,9	1	1	7,9	8	1	32	2,2	2,9	1	1,6	4,9	1	1	3,3
2000	1		1	4	10,1	1	52,5	2,5	1	1	1	2,5	1	1	2,2

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

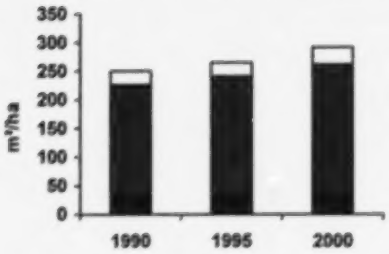


Place 703 - LYTTON

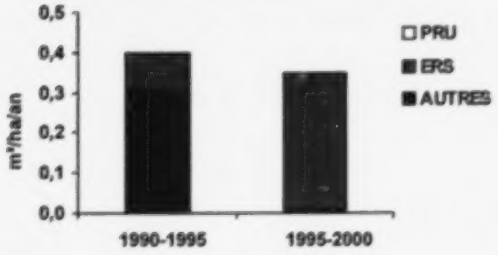
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



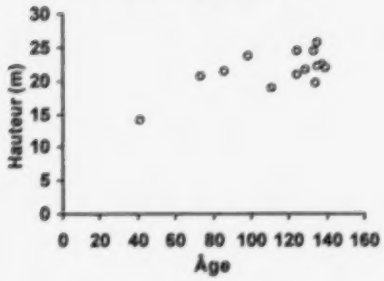
Volume marchand vivant



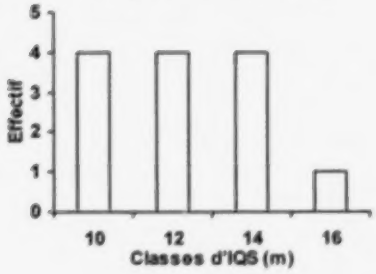
Mortalité annuelle périodique



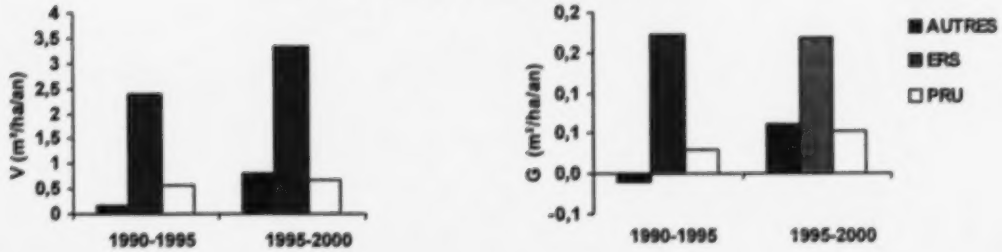
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



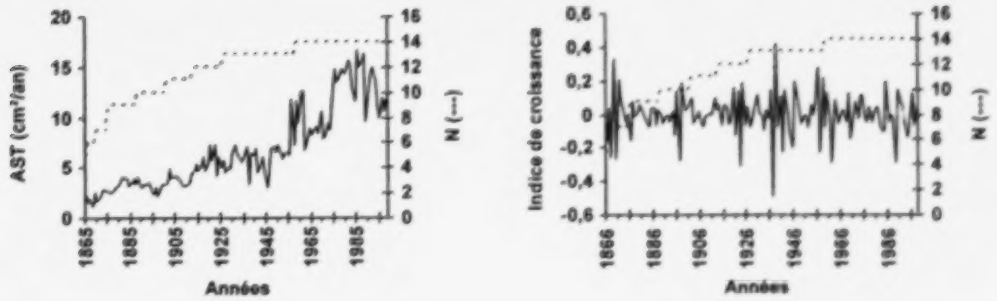
Accroissement annuel périodique



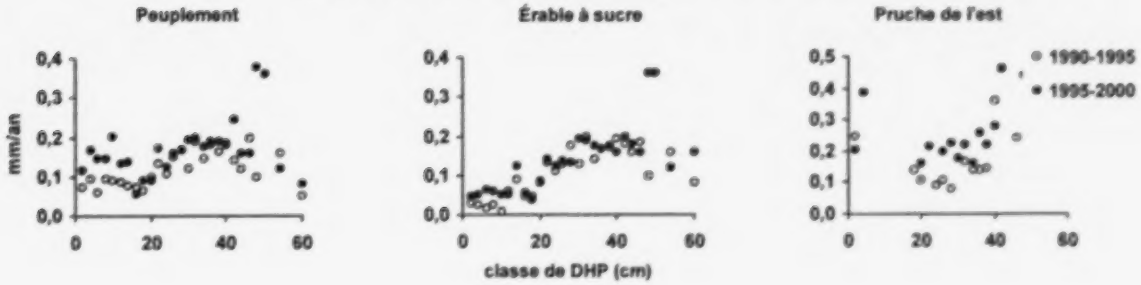
Place 703 - LYTTON

Dynamique du peuplement

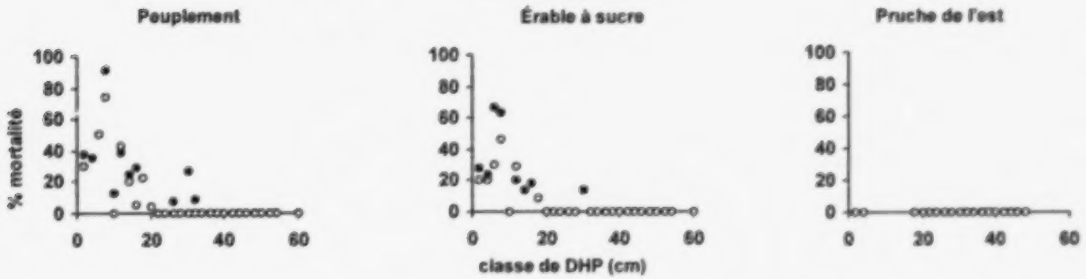
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une érablière pure, de structure irrégulière étagée et de densité moyenne (28,5 m²/ha en 1990). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 28 cm en 2000. Entre 1988 et 2003, la densité de tiges dans la strate des gaules a presque doublé, passant de 968 à 1 754 tiges/ha. La strate de régénération haute est dominée par l'érable à sucre (1 118 tiges/ha en 2000), mais l'érable de Pennsylvanie suit de près de par sa densité (742 tiges/ha). Dans la régénération basse, on trouve une variété d'essences dominées par l'érable à sucre. L'accroissement en volume du peuplement est stable à 4 m³/ha/an au cours de la période 1990-2000. La mortalité est très faible et a touché surtout les essences compagnes en 1990-1995 et l'érable à sucre dans les classes de diamètre de 12 cm et moins en 1995-2000. La tempête de verglas de l'hiver 1998 ne semble pas avoir touché cette station.

Place 802 - VILLE-MARIE

Code cartographique Er-B-2-A-II-1ay
Altitude : 370 m
Localisation : 47° 11' 29" N.; 79° 08' 27" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Moder

Structure et composition du peuplement

Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Bouleau jaune		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1991	610	29,42	22,8 ± 9,8	586	27,45	22,5 ± 9,6	10	0,75	30,5 ± 6,0
1996	574	27,99	22,9 ± 9,7	554	26,69	22,8 ± 9,8	10	0,81	31,6 ± 6,4
2001	562	28,88	23,5 ± 10,1	548	27,74	23,3 ± 10,1	8	0,77	34,6 ± 6,6

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Bouleau jaune		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1991	3852	1,45	1,8 ± 1,2	3502	1,36	1,9 ± 1,2	6	0,01	5,0 ± 2,0
1996	4468	1,87	2,0 ± 1,1	4022	1,70	2,0 ± 1,2	6	0,02	6,3 ± 1,7
2001	4328	2,11	2,2 ± 1,2	3914	1,89	2,2 ± 1,2	6	0,02	7,2 ± 1,3

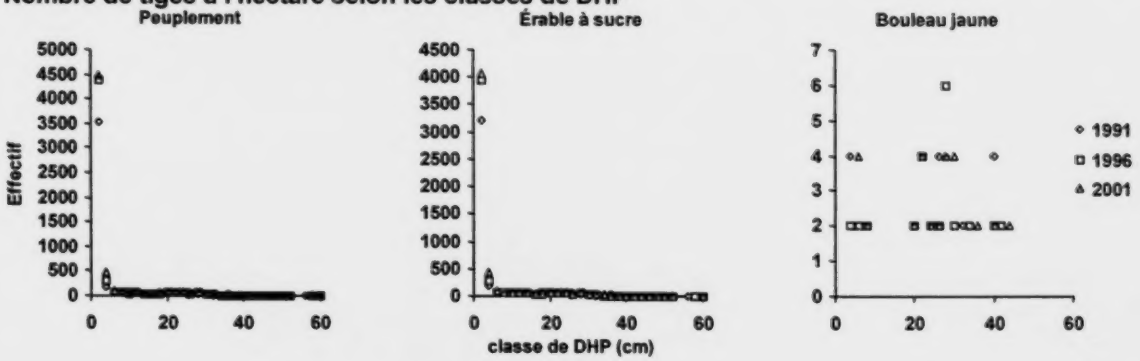
Régénération haute

	BOJ	BOP	ERE	ERP	ERR	ERS	NOC	OSV	PET
1991	10	2	366	260	24	7420	4	162	2
1996			124	56	8	3686		90	
2001			64	86	8	2394		38	

Régénération basse

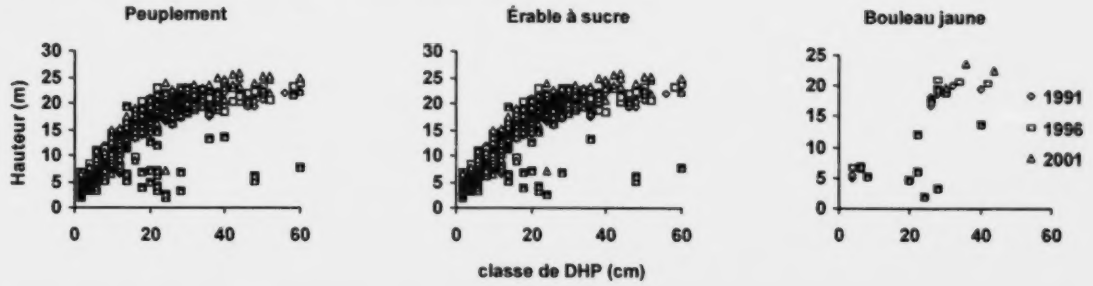
	BOJ	ERE	ERP	ERR	ERS	OSV	SAB	SOA
1991	3	9,2	5,1	1	32,5	2	1	
1996	1	5,3	4,8	1	28	2,2	1	1
2001	1	5	3,8	2,3	47,5	1	1	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

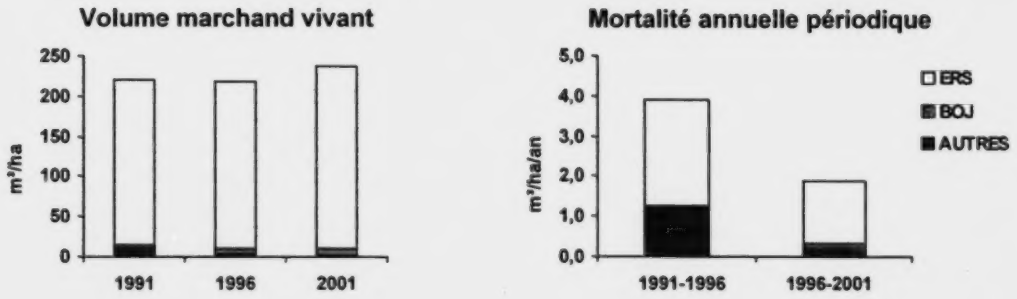


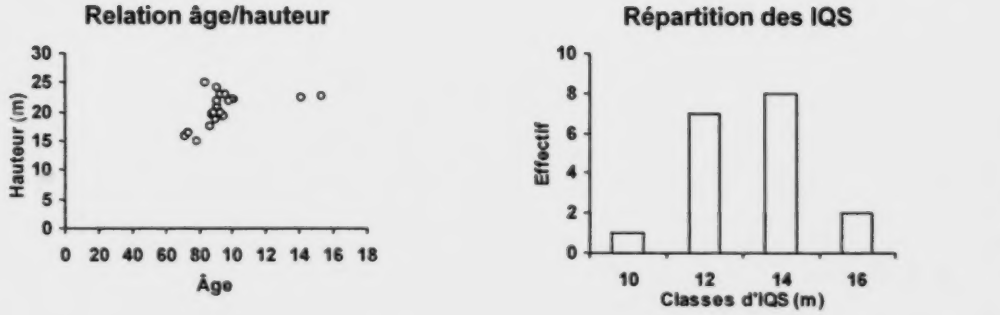
Place 802 - VILLE-MARIE

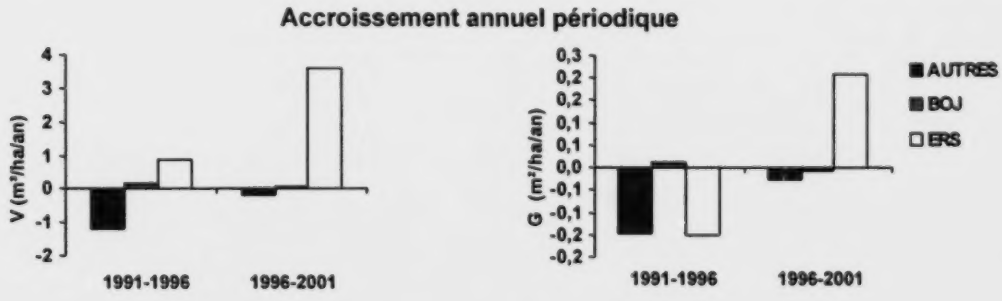
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



Productivité du peuplement

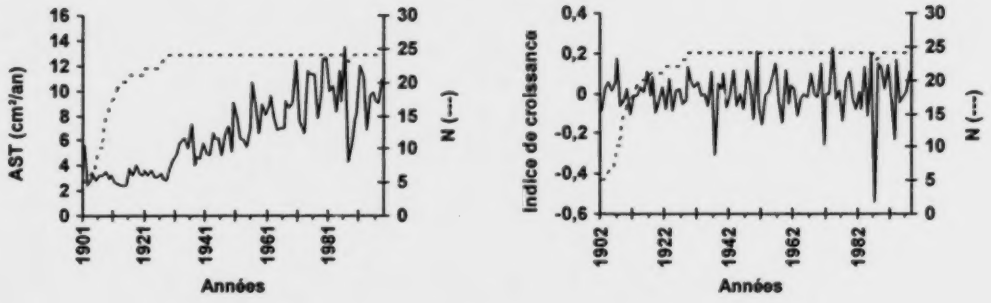




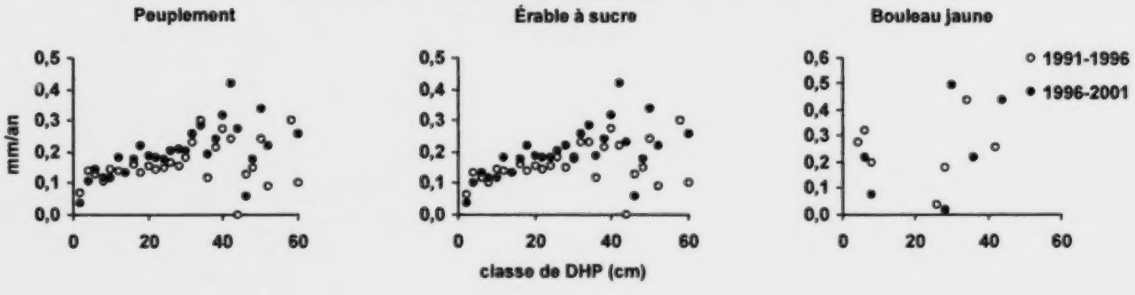


Place 802 - VILLE-MARIE

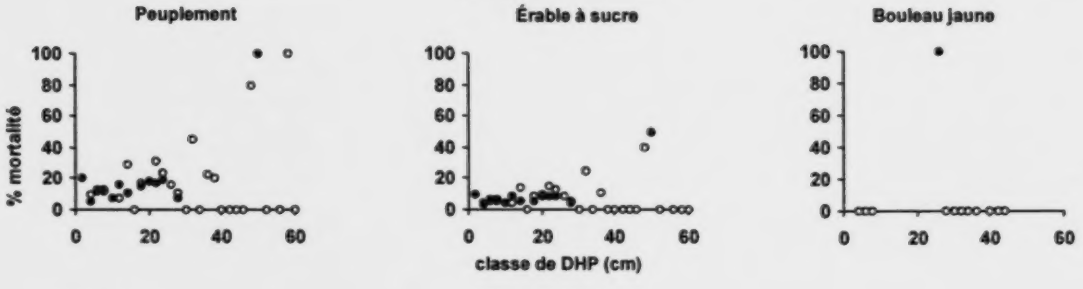
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une érablière pure, équienne, de structure diamétrale irrégulière de stockage et de densité moyenne (29,4 m²/ha en 1990). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 23 cm. Entre 1991 et 2001, la densité de tiges dans la strate des gaules a augmenté de 12 %, passant de 3 852 à 4 328 tiges/ha. Cette strate est dominée par l'érable à sucre à 90 %. La strate de régénération haute est également dominée par l'érable à sucre (2 394 tiges/ha en 2001), même si elle a connu une diminution de 68 % en dix ans. Dans la régénération basse, se maintient une variété d'essences dominées par l'érable à sucre. L'accroissement net en volume du peuplement était nul entre 1991 et 1996 et de 3,5 m³/ha/an au cours de la période 1996-2001. Entre 1991 et 1996, la mortalité de l'érable à sucre et des essences compagnes ainsi qu'un faible accroissement annuel périodique dans les classes de diamètre de 20 cm et plus expliquent l'absence de croissance nette durant cette période. Les données de dendrochronologie montrent une lente augmentation de l'accroissement moyen en surface terrière des arbres dominants depuis 1925 avec d'importantes variations annuelles. Une chute momentanée de croissance est survenue en 1987; une défoliation majeure de la livrée des forêts est survenue cette année-là.

Place 1201 - DORSET

Code cartographique Er-B-2-A-II-1a
Altitude : 530 m
Localisation : 45° 49' 08" N.; 70° 51' 07" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor

Structure et composition du peuplement

Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Hêtre à grandes feuilles		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1987	538	25,00	22,2 ± 9,9	482	22,34	22,1 ± 10,0	46	2,24	23,4 ± 8,7
1992	504	26,03	23,5 ± 10,2	456	23,66	23,6 ± 10,3	40	1,95	23,2 ± 9,2
1997	490	27,60	24,5 ± 10,8	446	25,45	24,6 ± 11,0	36	1,69	22,8 ± 9,1
2002	488	29,06	25,2 ± 11,2	450	27,04	25,2 ± 11,4	30	1,54	24,1 ± 8,7

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Hêtre à grandes feuilles		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1987	400	0,77	4,4 ± 2,3	312	0,70	4,9 ± 2,2	32	0,02	2,4 ± 1,6
1992	468	0,76	3,8 ± 2,5	246	0,66	5,4 ± 2,2	58	0,03	2,1 ± 1,4
1997	640	0,77	3,1 ± 2,4	234	0,61	5,2 ± 2,5	126	0,05	1,9 ± 1,1
2002	1076	0,91	2,7 ± 1,9	252	0,51	4,3 ± 2,7	314	0,16	2,2 ± 1,2

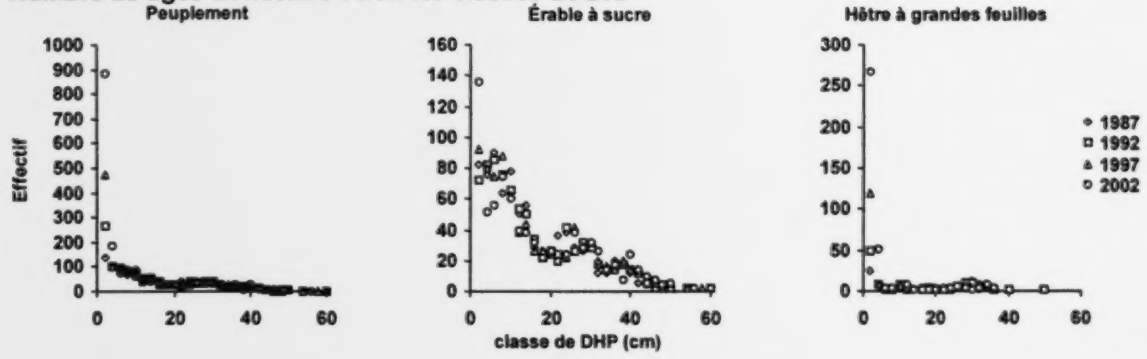
Régénération haute

	BOJ	CET	EPR	ERE	ERP	ERR	ERS	HEG	OSV	PRP	PRV
1987	80	4		14	536	10	284	148			4
1992	118	8	2	6	566		268	244	30		10
1997	252	8	4		662		448	330		10	
2002	220		4		900		402	266	58	60	

Régénération basse

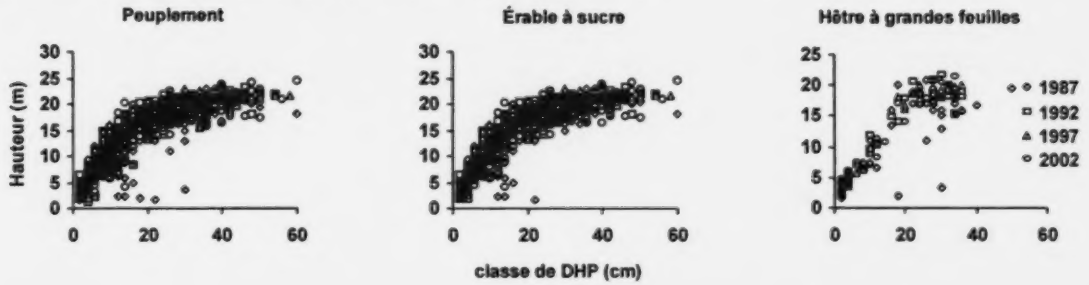
	AME	BOJ	BOP	CET	EPR	ERE	ERP	ERR	ERS	HEG	ORA	OSV	PRP	PRV	SAB	SOA
1987	1	11,3	1	1		7,9	11,5	3,9	22,5	9	1		1	8	1,6	1
1992		7,5		2,9	1	1	5,9		15,8	5,8		5		3,7	1	
1997		6,4		4	1		7	1	59,5	1,9		1	15,2		1	
2002		5,7			1		3,1	1	37,8	3,3		3,4	3,5			

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

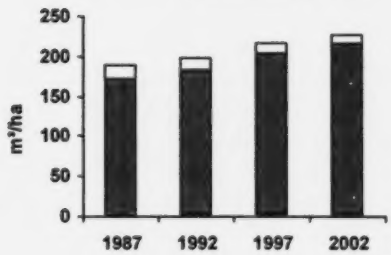


Place 1201 - DORSET

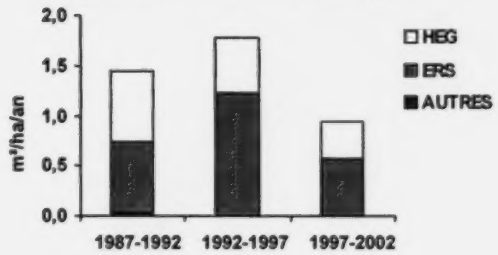
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



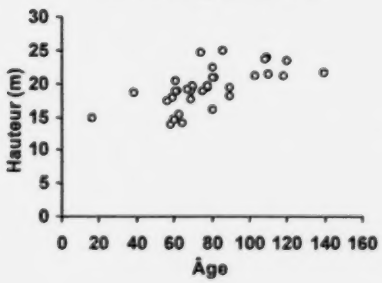
Volume marchand vivant



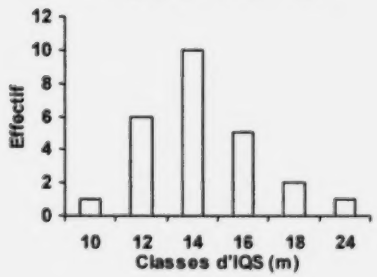
Mortalité annuelle périodique



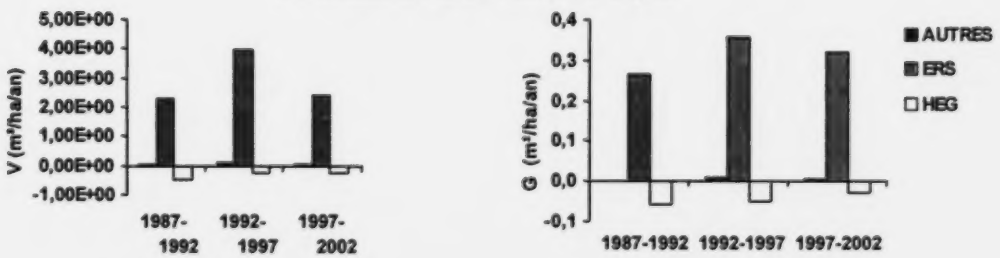
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS

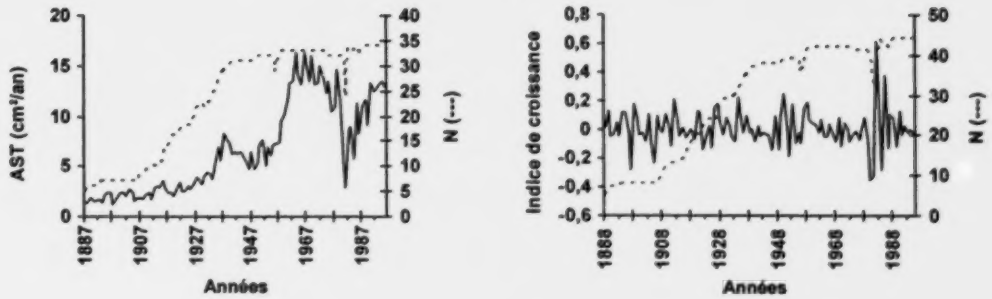


Accroissement annuel périodique

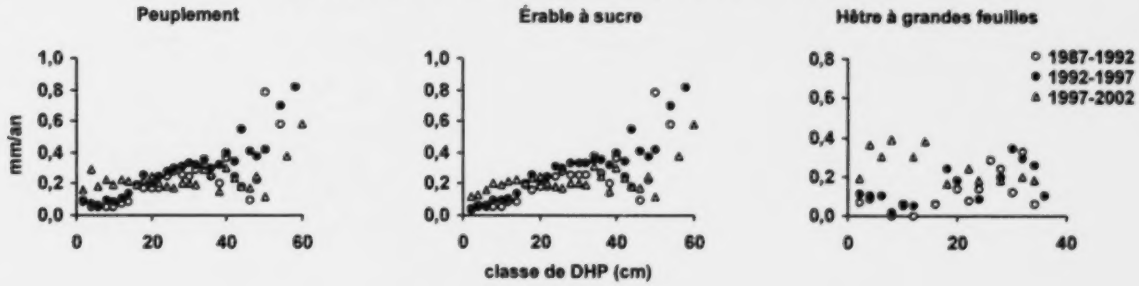


Place 1201 - DORSET

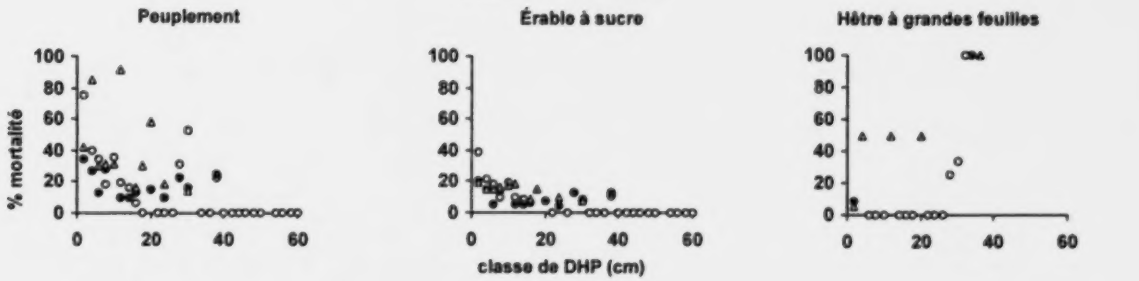
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité

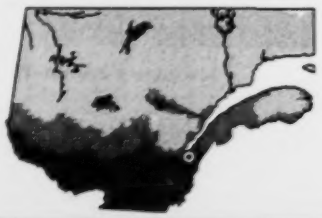


Commentaires :

Il s'agit d'une érablière pure, inéquienne, de structure diamétrale en « J inversé », dont l'âge moyen des arbres dominants et codominants est de 80 ans et de densité moyenne (25 m²/ha en 1987). Le diamètre moyen des tiges marchandes était de 22 cm. Entre 1987 et 2002, la densité de tiges dans la strate des gaules a augmenté d'un facteur 2,7, passant de 400 à 1 076 tiges/ha, surtout à cause du nombre de hêtres qui a augmenté d'un facteur 10. La strate de régénération haute était dominée par l'érable de Pennsylvanie en 1987 (536 tiges/ha); son nombre de tiges a augmenté jusqu'à 900 tiges/ha en 2002. Dans la régénération basse, on peut noter une baisse de la diversité des essences de 43 % entre 1987 et 2002. L'accroissement en volume du peuplement est demeuré constant au cours des dix dernières années, de 2,6 m³/ha/an en moyenne. La mortalité a surtout touché les érables à sucre de moins de 20 cm de diamètre et les hêtres de plus de 24 cm. Les données de dendrochronologie montrent une poussée de croissance à partir de 1958, attribuable sans doute au dégagement subit par ces arbres par de la coupe sélective. L'accroissement en surface terrière moyen des arbres dominants a atteint un plateau en 1962. Une chute majeure de la croissance s'est produite en 1980 et 1981; la sécheresse en 1980 suivie d'un dégel hâtif survenu en février 1981 en sont les principales causes.

Place 1202 - N.-D. DU ROSAIRE

Code cartographique ErFi-A-2-B-II-1a
Altitude : 420 m
Localisation : 46° 51' 48" N.; 70° 27' 30" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor



Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Hêtre à grandes feuilles		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1987	442	29,44	25,5 ± 14,1	316	19,49	24,2 ± 14,1	84	7,34	30,5 ± 13,7
1992	436	29,68	25,9 ± 14,0	308	19,39	24,6 ± 14,0	84	7,33	30,0 ± 14,7
1997	432	27,81	25,3 ± 13,5	310	17,16	23,2 ± 12,9	82	7,47	30,8 ± 14,6
2002	450	26,80	24,3 ± 13,1	322	16,93	22,8 ± 12,2	84	6,32	27,2 ± 15,0

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Hêtre à grandes feuilles		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1987	774	1,06	3,5 ± 2,3	394	0,73	4,3 ± 2,3	314	0,23	2,5 ± 1,8
1992	926	1,17	3,4 ± 2,2	368	0,77	4,6 ± 2,3	462	0,33	2,6 ± 1,6
1997	1414	1,43	3,0 ± 2,0	366	0,74	4,5 ± 2,4	848	0,58	2,5 ± 1,6
2002	1784	1,87	3,1 ± 1,9	362	0,74	4,5 ± 2,4	1164	0,94	2,8 ± 1,6

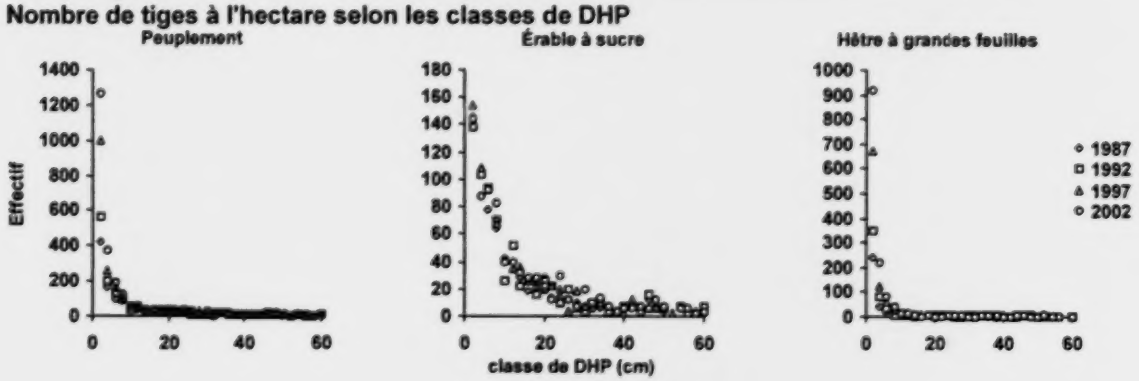
Régénération haute

	BOJ	EPB	EPR	ERE	ERP	ERR	ERS	HEG
1987	54		24	36	18		88	334
1992	64	26		56	56		224	700
1997	182		24	60	100	6	304	862
2002	184		16	28	92	18	158	1074

Régénération basse

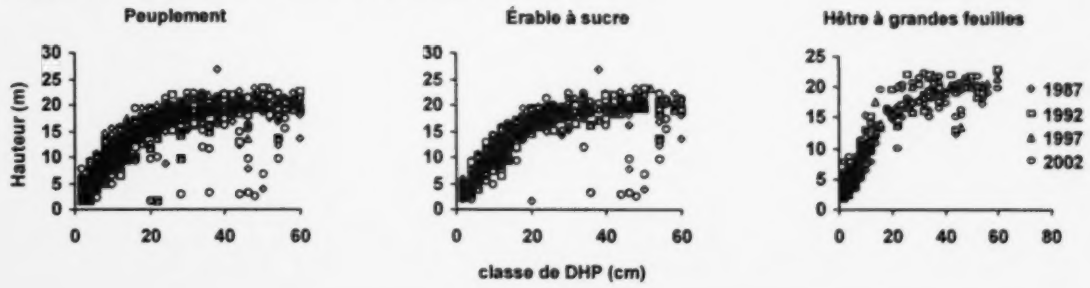
	BOJ	EPB	EPR	ERE	ERP	ERR	ERS	HEG	SAB
1987	5,3		4,8	4,8	2,7	1	11,8	11,3	1
1992	2	1	1	2,5	1,8	1	6,1	11,1	1
1997	4,9		1	5,5	3,3	2,3	6,9	11,1	1
2002	3,6		1	1	1	1	3	8,7	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP



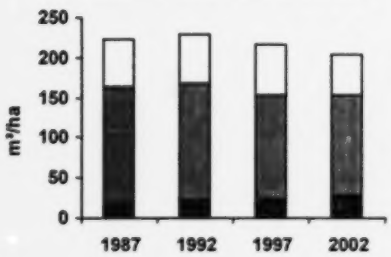
Place 1202 - N.-D. DU ROSAIRE

Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence

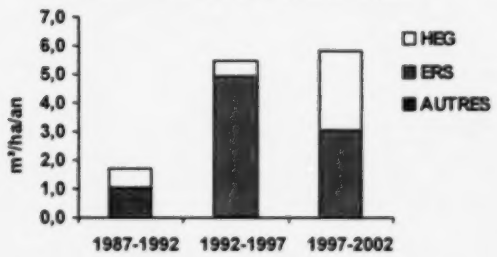


Productivité du peuplement

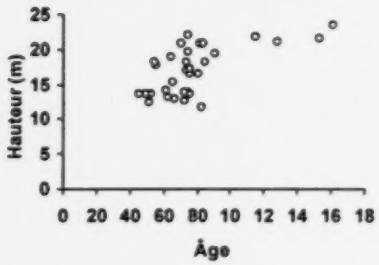
Volume marchand vivant



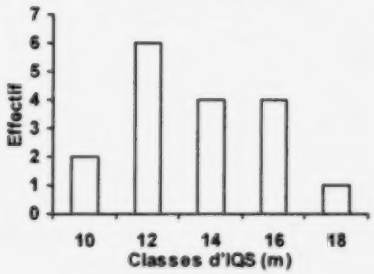
Mortalité annuelle périodique



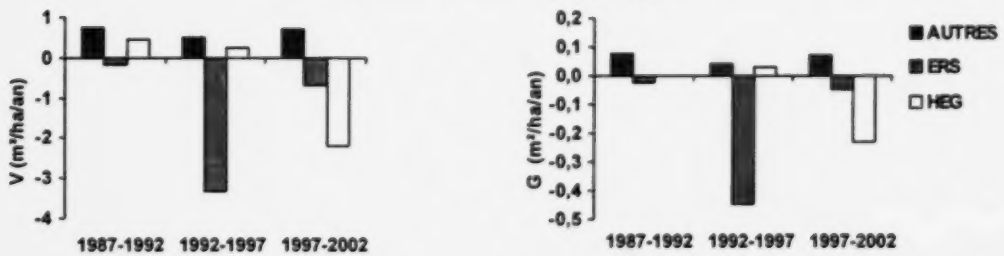
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS

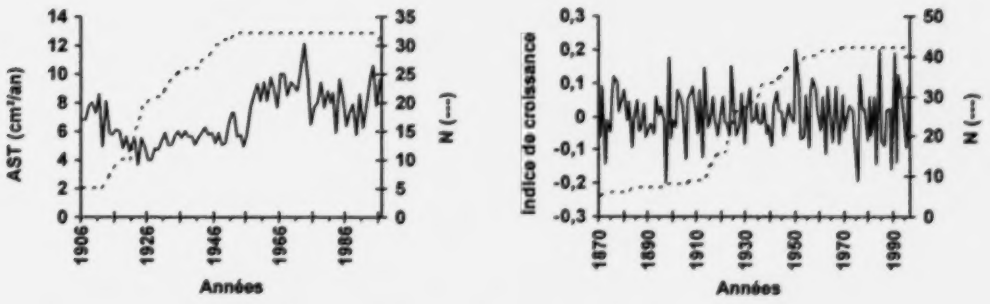


Accroissement annuel périodique

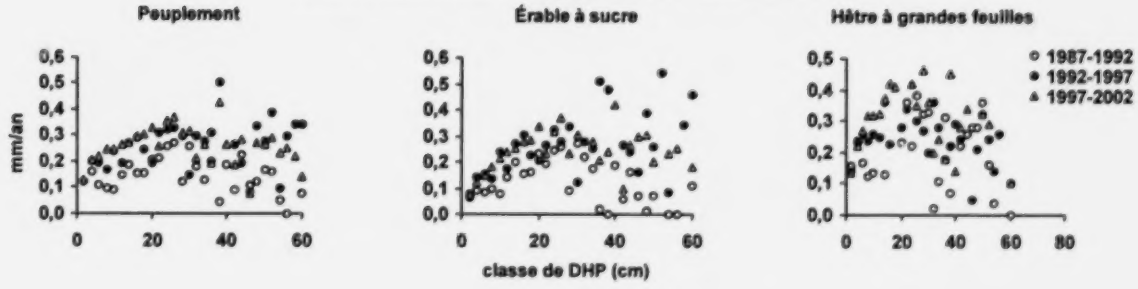


Place 1202 - N.-D. DU ROSAIRE

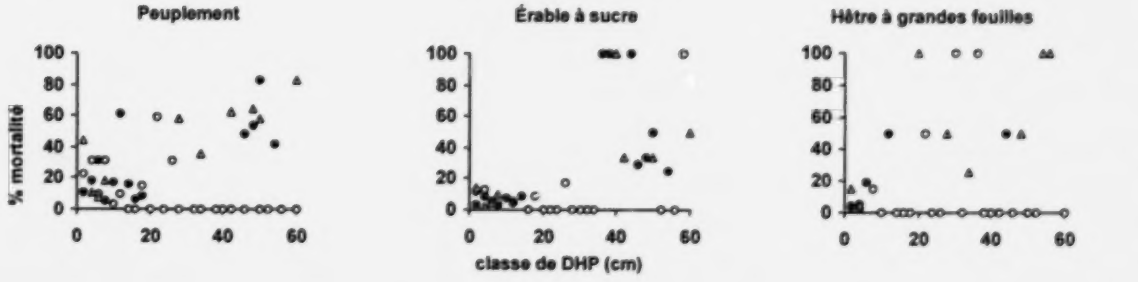
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une érablière à feuillus intolérants à l'ombre, inéquienne, de structure diamétrale irrégulière étagée, dont l'âge moyen des arbres dominants et codominants est de 80 ans et de densité moyenne (29,4 m²/ha en 1987). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 25 cm. Entre 1987 et 2002, la densité de tiges dans la strate des gaules a augmenté d'un facteur 2,3, passant de 774 à 1 784 tiges/ha, en très grande majorité du hêtre. La densité d'érable à sucre a très peu ou pas diminué dans cette strate. La strate de régénération haute est dominée par le hêtre, lequel demeure 1,6 fois plus abondant dans cette strate que les autres essences; il a même triplé son contingent au cours des quinze dernières années. Dans la régénération basse, l'érable à sucre a vu sa densité diminuer entre 1987 et 2002; le hêtre s'est cependant maintenu. L'accroissement en volume du peuplement est passé de 1 m³/ha/an entre 1987 et 1992 à -2,4 m³/ha/an entre 1992 et 2001. La cause majeure de cette baisse de croissance est la hausse de mortalité des érables à sucre (dans les classes de diamètre de 36 cm et plus) et du hêtre (dans les classes de diamètre de 20 cm et plus). Les données de dendrochronologie montrent une poussée de croissance autour des années 1958, attribuable sans doute au dégagement subit par ces arbres par de la coupe sélective. L'accroissement en surface terrière moyen des arbres dominants a alors atteint un plateau entre 1958 et aujourd'hui, mais elle reste faible (8,6 cm²/arbre/an).

Place 1501 - SAINT-FAUSTIN

Code cartographique Er-B-2-A-II-1a
Altitude: 415 m
Localisation: 46°03'00"N; 74°28'10"O
Type de sol: Brunisol dystrique orthique
Type d'humus Moder

Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Hêtre à grandes feuilles		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1987	446	27.31	24.9 ± 12.8	350	22.76	25.7 ± 13.0	82	4.01	22.1 ± 11.7
1992	414	27.59	26.1 ± 13.0	314	22.52	27.2 ± 13.2	86	4.45	22.7 ± 12.1
1997	396	29.31	27.5 ± 13.6	300	23.85	28.7 ± 13.8	84	4.83	24.1 ± 12.5
2002	406	28.97	26.9 ± 13.7	282	23.18	29.4 ± 13.6	114	5.15	20.7 ± 12.2

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Hêtre à grandes feuilles		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1987	1614	1.02	2.4 ± 1.5	482	0.42	2.8 ± 1.8	1010	0.51	2.1 ± 1.4
1992	1922	1.23	2.5 ± 1.4	300	0.33	3.2 ± 2.0	1496	0.81	2.3 ± 1.2
1997	2348	1.61	2.6 ± 1.5	242	0.27	3.1 ± 2.1	1996	1.26	2.5 ± 1.4
2002	2904	2.49	2.9 ± 1.6	264	0.27	3.0 ± 2.0	2524	2.11	2.9 ± 1.5

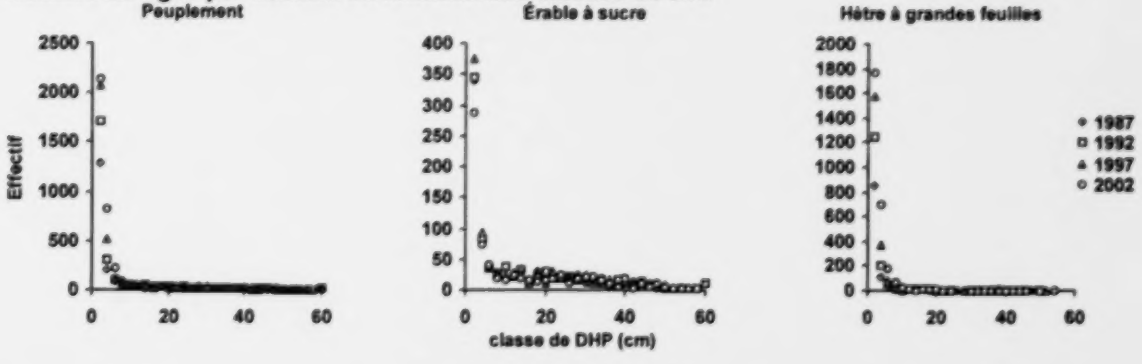
Régénération haute

	BOJ	EPB	EPR	ERE	ERP	ERS	HEG	ORA	PRV
1987	36		8	10	264	806	2066	2	2
1992	24	6		8	178	986	1966	2	4
1997	16		4		66	890	1864		
2002	2		2		104	604	1626		

Régénération basse

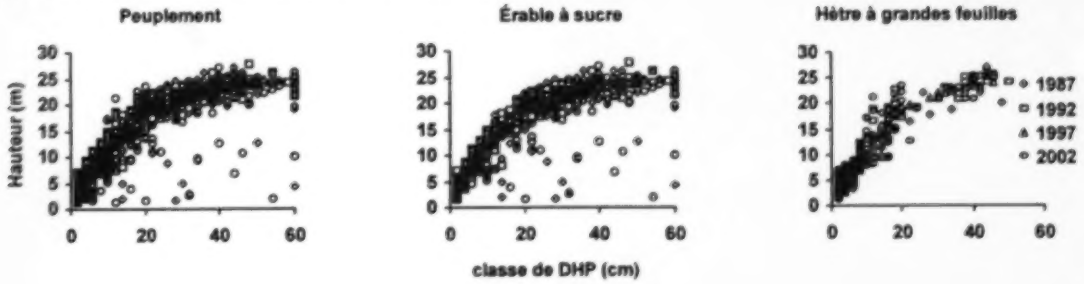
	BOJ	CET	EPB	EPR	ERE	ERP	ERR	ERS	HEG	ORA	PRV	SAB
1987	1.7	1		1	5	4.9	1	25	11.9	1	7	1
1992	1		1		1	4.8		15.6	13.5	1	13	1
1997	1			1		3.8		33.5	19.5			1
2002	1			1		2.5		28.5	14			1

Nombre de tiges par hectare en fonction des classes de DHP

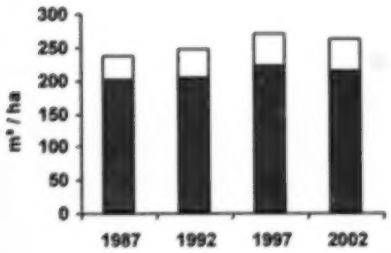


Place 1501 - SAINT-FAUSTIN

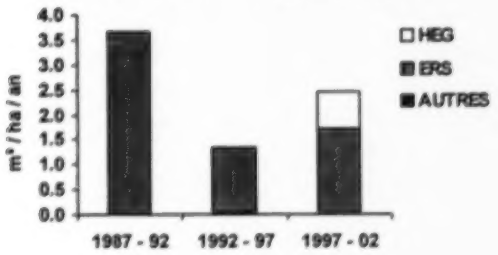
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



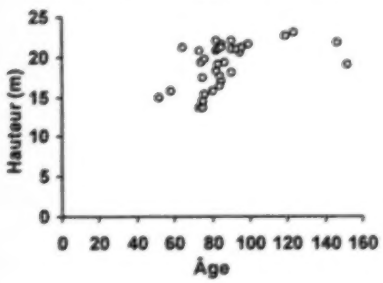
Volume marchand vivant



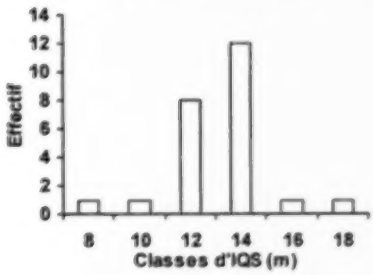
Mortalité annuelle périodique



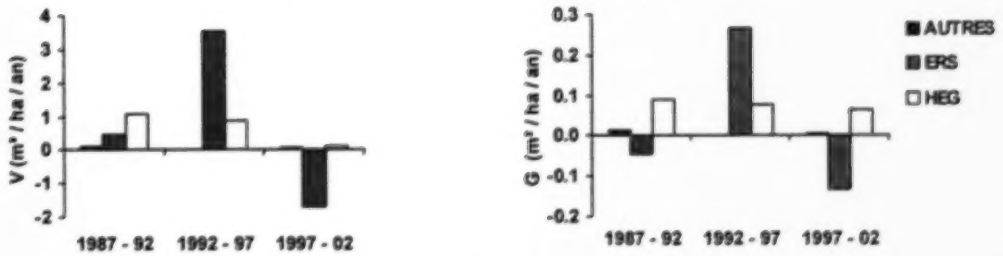
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



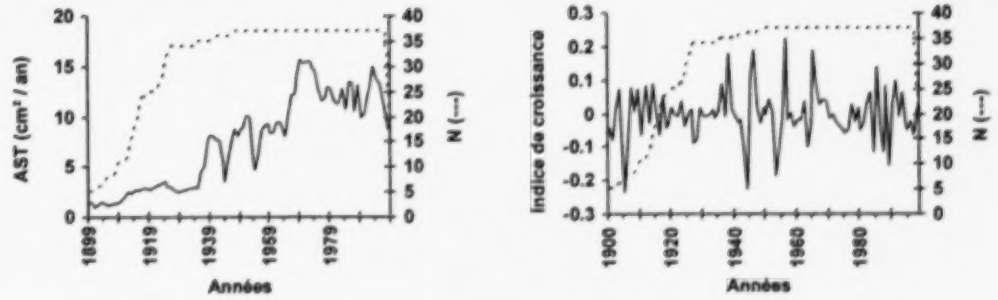
Accroissement annuel périodique



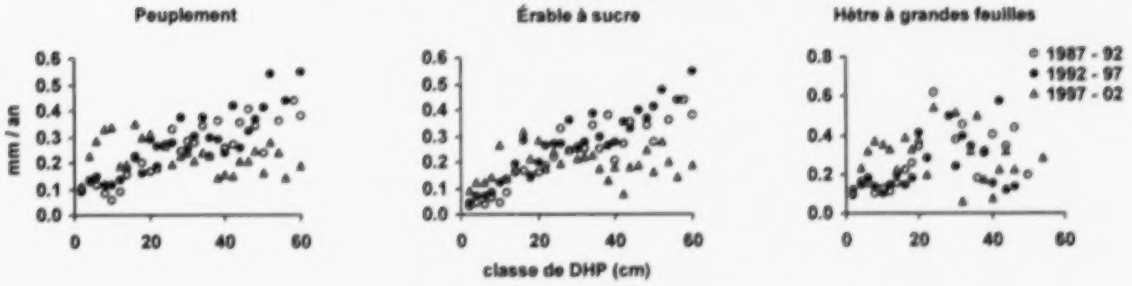
Place 1501 - SAINT-FAUSTIN

Dynamique de Peuplement

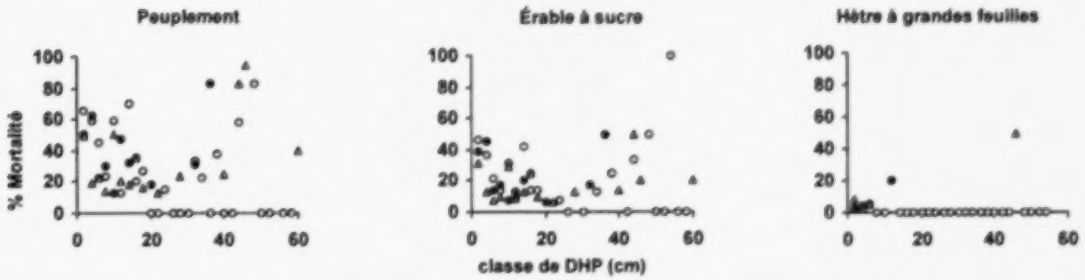
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité

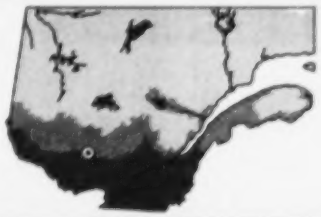


Commentaires:

Il s'agit d'une érablière pure, inéquienne, de structure diamétrale irrégulière de stockage, dont l'âge moyen des arbres dominants et codominants est de 85 ans, et de densité moyenne (27.3 m2/ha en 1987). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 27 cm. Entre 1987 et 2002, la densité de tiges dans la strate des gaules a augmenté 80 %, passant de 1614 à 2904 tiges/ha, en très grande majorité du hêtre. La densité d'érable à sucre a cependant diminué de 45 % dans cette strate. La strate de régénération haute est dominée par le hêtre, lequel est 65 % plus abondant dans cette strate que les autres essences, malgré la baisse de 21 % qu'il a enregistré au cours des 15 dernières années. Au cours de cette période, l'érable à sucre et le hêtre se sont quand même maintenus dans la régénération basse. L'accroissement en volume du peuplement est passé de 1,7 m3/ha/an entre 1987 et 1992 à 4,4 m3/ha/an entre 1992 et 1997 en raison de la baisse de mortalité observée chez l'érable à sucre. L'accroissement en volume a ensuite chuté à -1,5 m3/ha/an entre 1997 et 2002 surtout à cause de la baisse de l'accroissement annuel périodique de l'érable à sucre dans les classes de diamètre de 26 cm et plus. La mortalité demeure importante chez les érables à sucre de moins de 20 cm de diamètre. Les données de dendrochronologie montrent une augmentation de croissance à partir de 1936, entrecoupée de baisses passagères en 1944, 1953 et 1963, avant de connaître une remontée subite attribuable sans doute au dégagement subit par ces arbres par de la coupe sélective. L'accroissement en surface terrière moyen des arbres dominants a atteint un plateau de 1968 à aujourd'hui avec de grandes fluctuations annuelles. Il demeure tout de même bon (12.7±1.8 cm2/arbre/an). Ces observations indiquent que la vigueur de la station d'érablière est en équilibre précaire en raison de l'augmentation de la mortalité des jeunes érables, la diminution de son accroissement annuel périodique et la présence du phénomène d'envahissement par le hêtre en sous étage.Il faut également noter que cette station a été légèrement affectée par le grand verglas de 1998.

Place 1502 - FERME-NEUVE

Code cartographique Er-A-2-A-II-1a
Altitude : 310 m
Localisation : 46° 46' 13" N.; 75° 27' 43" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Moder



Tiges marchandes

	Peuplement			Érable à sucre			Bouleau jaune		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1990	602	30,80	23,0 ± 11,1	548	27,68	22,8 ± 11,2	14	1,41	33,1 ± 14,8
1995	574	31,11	23,9 ± 11,0	522	27,78	23,6 ± 11,1	14	1,48	34,2 ± 14,3
2000	540	30,37	24,3 ± 11,3	496	27,13	23,9 ± 11,3	14	1,57	35,3 ± 14,4

Gaules

	Peuplement			Érable à sucre			Bouleau jaune		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1990	280	0,46	3,7 ± 2,7	248	0,44	3,9 ± 2,8	2	0,01	8,6 ±
1995	876	0,48	2,0 ± 1,7	788	0,45	2,0 ± 1,8	4	0,00	1,2 ± 0,1
2000	2374	0,74	1,7 ± 1,0	2240	0,65	1,7 ± 1,0	8	0,00	1,7 ± 0,4

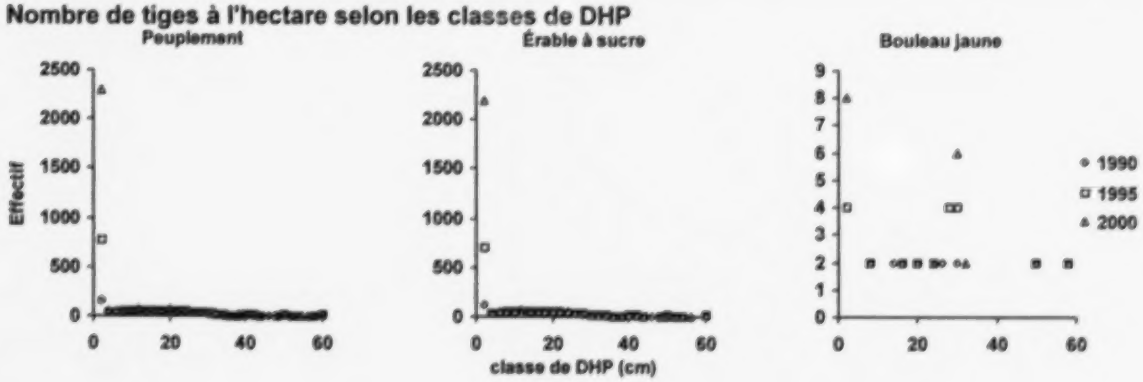
Régénération haute

	BOJ	CET	ERE	ERP	ERR	ERS	HEG	OSV	PRP	SAB	SOA	TIL
1990	24			10		7348	46	8		28	8	8
1995	40		12	18	4	11490	22		4	52		12
2000	22	4	12	8		8554	16	2		40		

Régénération basse

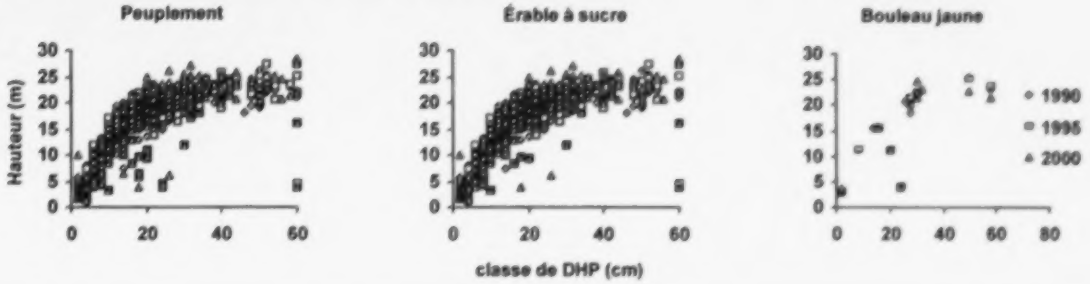
	BOJ	CET	EPB	ERE	ERP	ERR	ERS	HEG	ORA	OSV	PET	PRP	SAB	TIL
1990	4,5				5	8,4	86,5	1			1		11,4	1
1995	1		1	1	1		23,5	1					2,9	1
2000	1	1,7	1	1	1		26,5	1	1	1		1	2	

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP



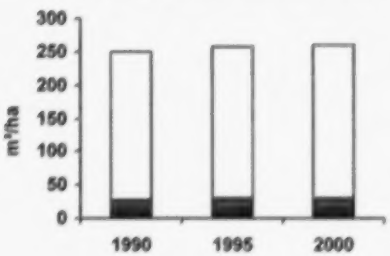
Place 1502 - FERME-NEUVE

Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence

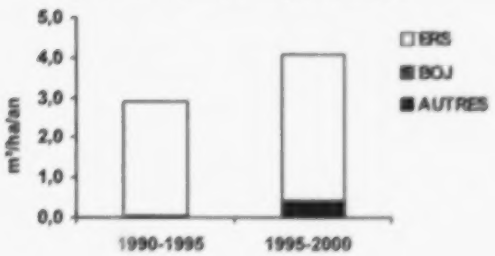


Productivité du peuplement

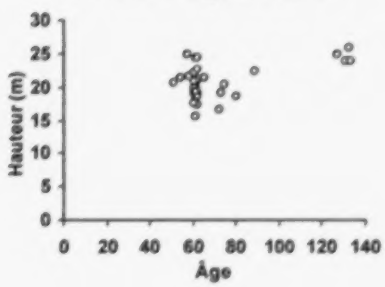
Volume marchand vivant



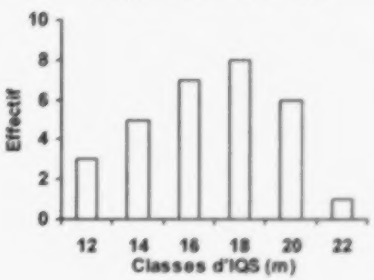
Mortalité annuelle périodique



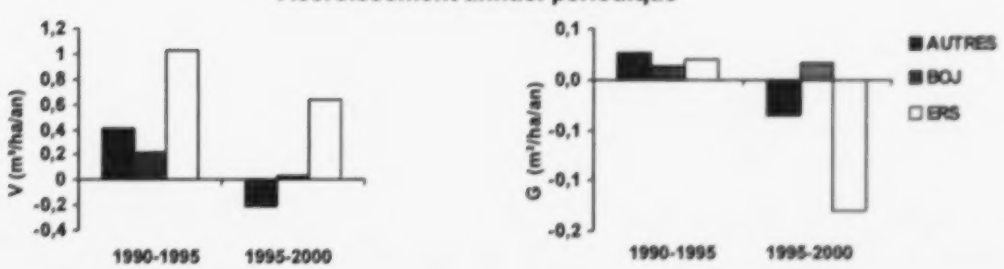
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



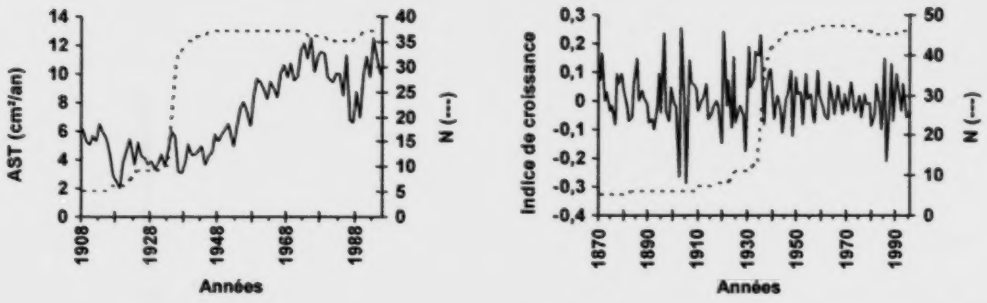
Accroissement annuel périodique



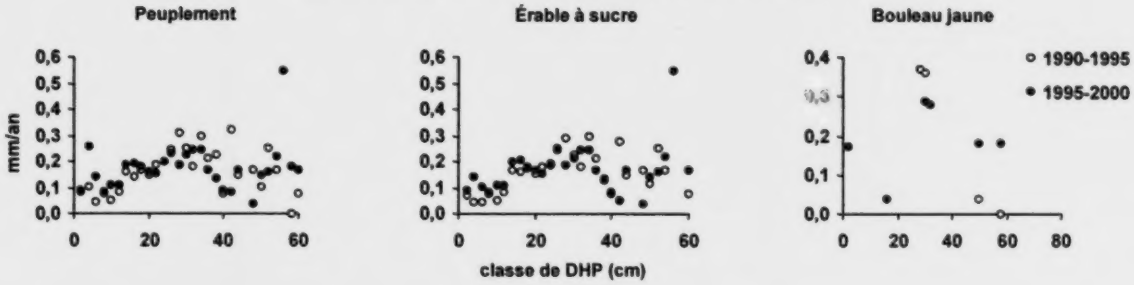
Place 1502 - FERME-NEUVE

Dynamique du peuplement

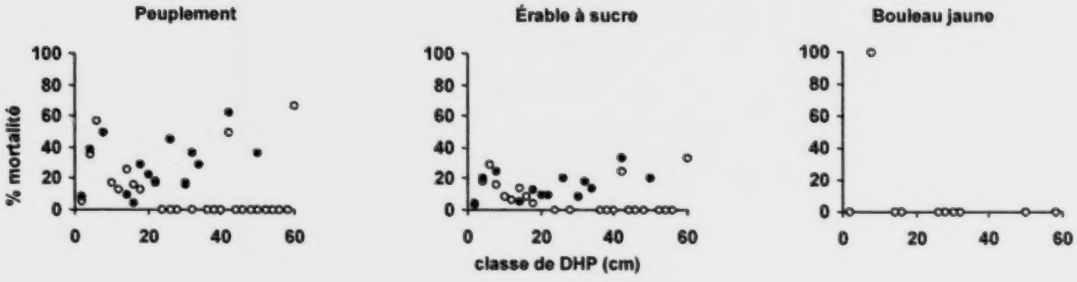
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une érablière pure, inéquienne, de structure en « J inversé », dont l'âge moyen des arbres dominants et codominants est de 70 ans, et de densité élevée (30,8 m²/ha en 1990). Le diamètre moyen des tiges marchandes est de 23 cm. Entre 1990 et 2000, la densité de tiges dans la strate des gaules a augmenté d'un facteur 8,5, passant de 280 à 2374 tiges/ha, toutes en érable à sucre. La strate de régénération haute est aussi entièrement dominée par l'érable à sucre (8 554 tiges/ha en 2000). Dans la régénération basse, on a recensé jusqu'à quatorze espèces arborescentes. L'accroissement net en volume du peuplement est passé de 1,6 (1990-1995) à 0,5 m³/ha/an (1995-2000). Cette baisse de productivité est attribuable à la hausse de la mortalité des érables à sucre de 14 à 34 cm de diamètre entre 1995-2000 ainsi qu'à la baisse de croissance des érables à sucre de 38 à 48 cm de diamètre. Les données de dendrochronologie montrent une augmentation graduelle de croissance à partir de 1935. L'accroissement en surface terrière moyen des arbres dominants a récemment connu des baisses majeures en 1986, 1987 et 1989; la cause probable de cette baisse est l'infestation importante de la livrée des forêts durant ces années.

Place 403 - LAC ÉDOUARD

Code cartographique Bj+R-B-2-A-II-1a
Altitude : 390 m
Localisation : 47° 37' 30" N.; 72° 19' 15" O.
Type de sol :
Type d'humus Mor

Tiges marchandes

	Peuplement			Bouleau jaune			Sapin baumier		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	720	21,85	18,0 ± 8,0	268	11,66	21,5 ± 9,7	356	7,40	15,5 ± 4,8
1994	692	21,70	18,2 ± 8,2	288	13,05	21,8 ± 10,2	320	7,00	15,8 ± 5,3
1999	724	24,63	19,0 ± 8,6	292	14,57	22,9 ± 10,6	340	8,20	16,6 ± 5,7
2004	696	25,52	19,6 ± 9,0	324	16,17	22,6 ± 11,2	324	8,27	17,2 ± 5,5

Gaules

	Peuplement			Bouleau jaune			Sapin baumier		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	2348	3,08	3,6 ± 1,9	448	0,95	4,8 ± 2,0	880	1,28	3,8 ± 1,9
1994	1888	2,66	3,7 ± 2,0	352	0,85	5,2 ± 1,9	808	1,09	3,7 ± 1,9
1999	1796	2,47	3,7 ± 2,1	288	0,80	5,6 ± 2,0	856	1,13	3,6 ± 2,0
2004	1820	2,23	3,4 ± 2,0	216	0,57	5,4 ± 1,9	984	1,26	3,5 ± 2,0

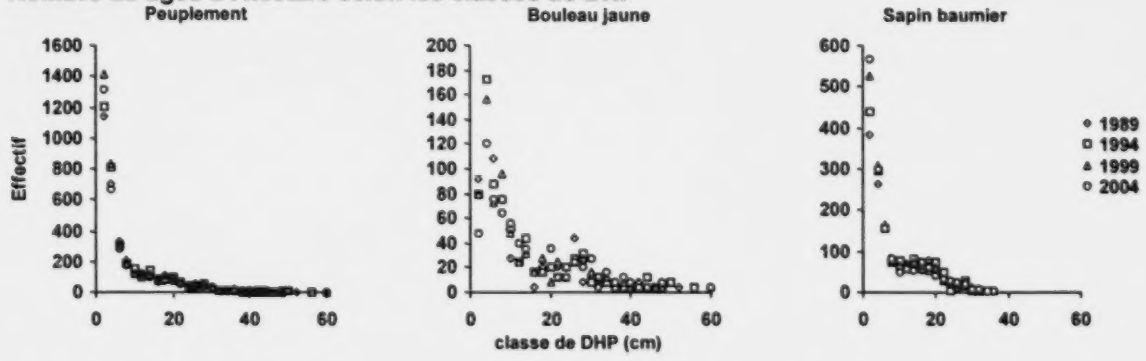
Régénération haute

	BOJ	BOP	EPB	ERE	FRN	SAB
1989	8	4	20	664	8	500
1994	8		24	828	8	308
1999	12	4	8	1084	8	348
2004	28	4	8	996	4	240

Régénération basse

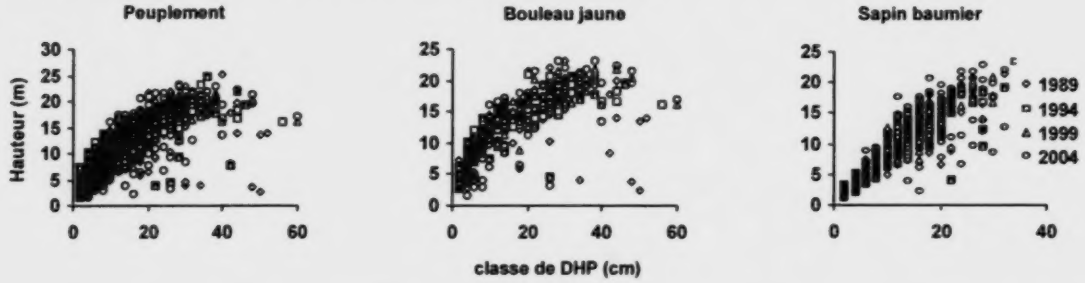
	AME	BOJ	BOP	EPB	EPR	ERE	FRN	PRP	SAB	SOA
1989	1	8,7	1	2,6		13	1		12,5	1
1994	1	1	1	1		16	1	1	19	1
1999		1	1	1		16	1	1	11,6	1
2004		1	1	1	1	13,6	1		10,5	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

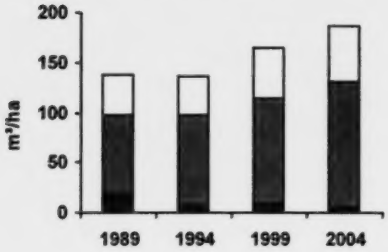


Place 403 - LAC ÉDOUARD

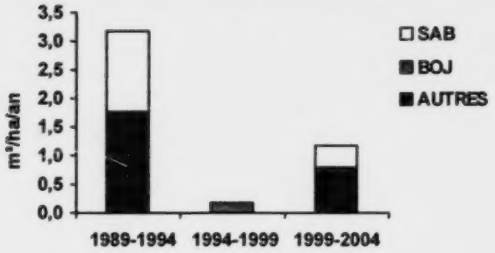
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



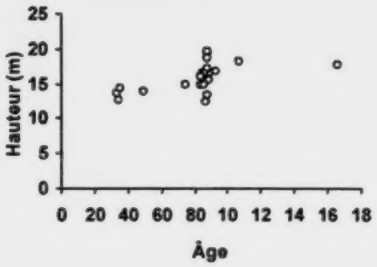
Volume marchand vivant



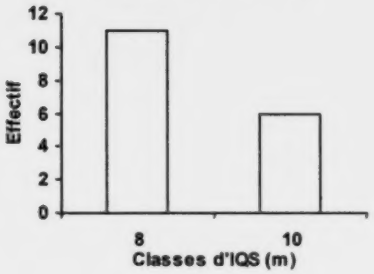
Mortalité annuelle périodique



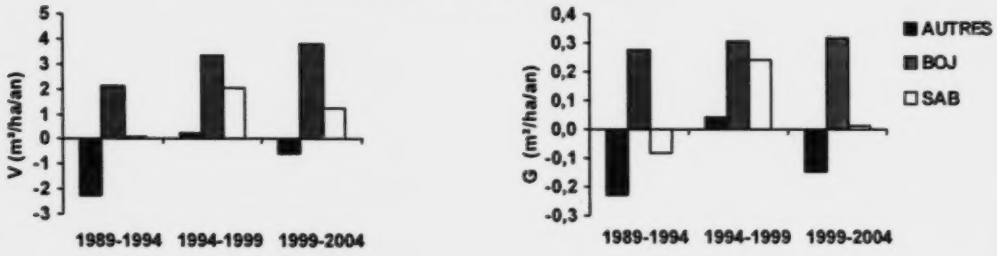
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS

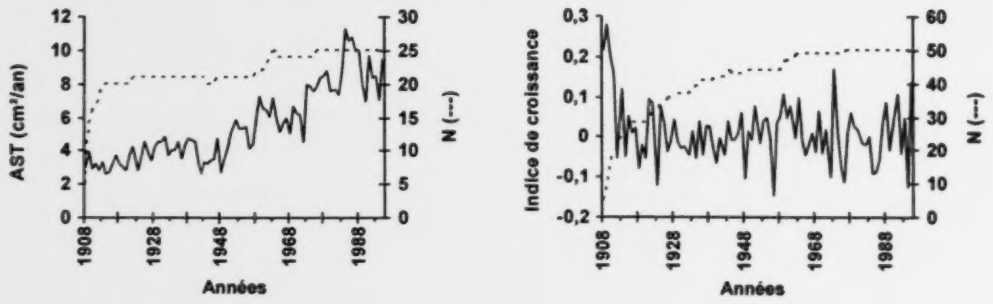


Accroissement annuel périodique

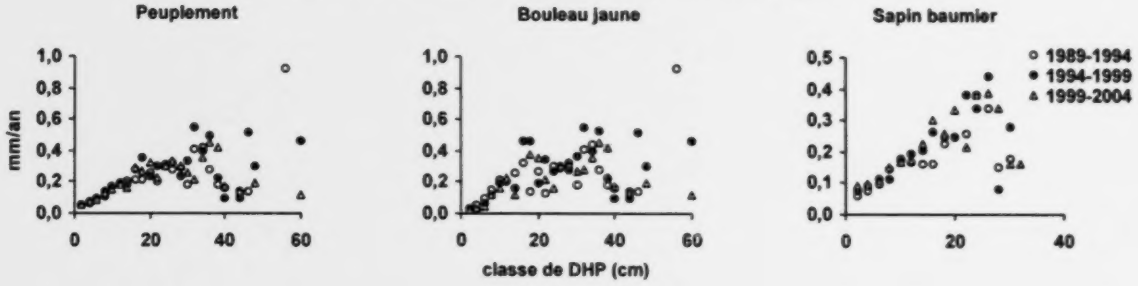


Place 403 - LAC ÉDOUARD

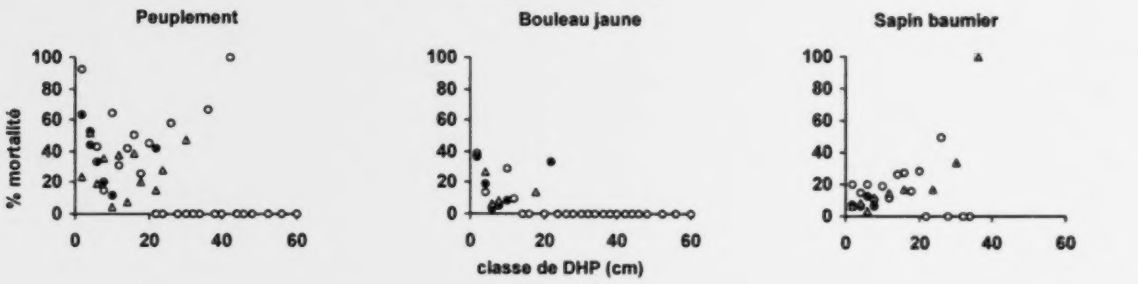
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une bétulaie jaune à sapins, inéquienne, de structure diamétrale en « J inversé ». C'est le seul peuplement mixte du RÉSEF et c'est également la station du réseau qui possède le plus faible IQS (8 m à 50 ans). En 1989, l'âge moyen est de 82 ans et la densité du peuplement est élevée en raison d'un nombre élevé de gaules. En quinze ans, le nombre de tiges marchandes demeure stable (autour de 700 tiges/ha) tandis que le nombre de gaules diminue de 22 %. Durant la même période, la surface terrière du peuplement a augmenté de 12 % avec un accroissement en diamètre des arbres marchands de l'ordre de 1 mm par an. On note un envahissement du sous-bois par l'érable à épis dont le contingent a plus que doublé en quinze ans. Les accroissements annuels périodiques en volume et en surface terrière sont positifs autant pour le bouleau jaune que le sapin baumier. Cependant, il faut noter que ce dernier présente des accroissements plus faibles durant la dernière période de mesurage qu'au cours des deux premières périodes, ce qui n'est pas le cas pour le bouleau jaune. Entre 1989 et 2004, l'accroissement annuel périodique en volume a été de 3,3 m³/ha/an et l'accroissement annuel périodique en surface terrière durant la même période a été de 0,19 m²/ha/an.

Place 202 - RIVIÈRE-ÉTERNITÉ

Code cartographique EE-B-3-A-II-1ay
Altitude : 390 m
Localisation : 48° 14' 08" N.; 70° 20' 54" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor

Tiges marchandes

	Peuplement			Épinette noire			Sapin baumier		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	1204	18,85	13,7 ± 3,2	1156	18,14	13,8 ± 3,2	48	0,71	13,3 ± 3,6
1994	1204	19,96	14,1 ± 3,4	1156	19,16	14,1 ± 3,3	48	0,80	14,1 ± 3,6
1999	1216	22,21	14,8 ± 3,6	1168	21,34	14,8 ± 3,6	48	0,86	14,6 ± 4,1
2004	1236	24,55	15,4 ± 3,9	1180	23,58	15,5 ± 3,8	56	0,97	14,2 ± 4,3

Gaules

	Peuplement			Épinette noire			Sapin baumier		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	2332	3,63	3,9 ± 2,1	1884	3,19	4,1 ± 2,1	344	0,41	3,5 ± 1,8
1994	2156	3,47	4,0 ± 2,0	1652	2,95	4,3 ± 2,0	400	0,47	3,4 ± 1,7
1999	2396	3,71	3,9 ± 2,1	1484	2,88	4,5 ± 2,1	756	0,75	3,2 ± 1,7
2004	2856	3,95	3,7 ± 2,0	1300	2,56	4,6 ± 2,1	1288	1,26	3,1 ± 1,6

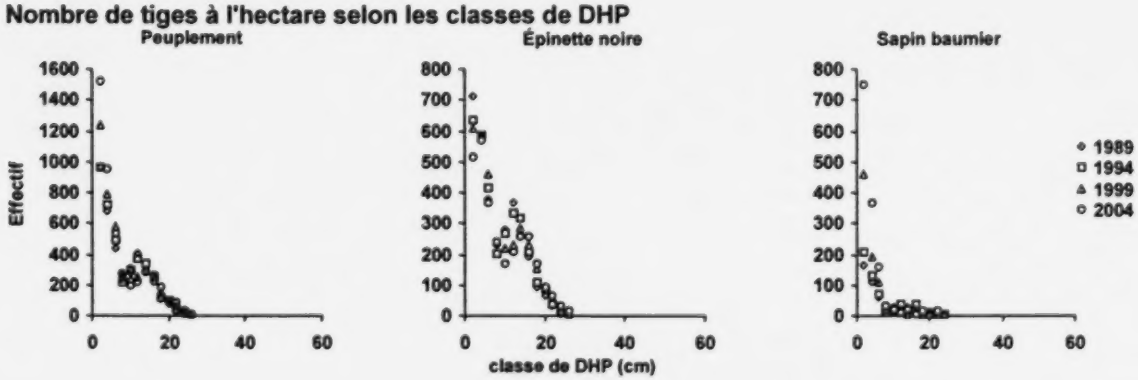
Régénération haute

	BOP	EPB	EPN	ERR	SAB	SOA
1989	24		668	64	172	252
1994	28		240	8	160	116
1999	40	8	244	16	496	184
2004	32		236	44	528	164

Régénération basse

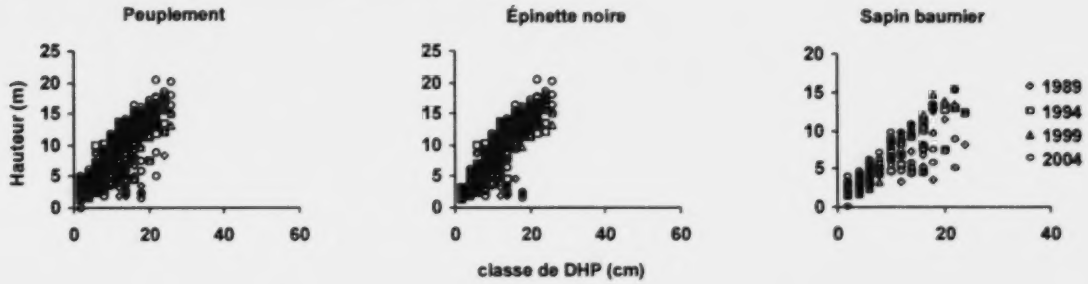
	BOP	EPN	ERE	ERR	SAB	SAL	SOA
1989	1	14,5		1	15,6		1,5
1994	1	12		1	14,2	1	1
1999	1	10,6		1	14,6		1
2004	1	12,1	1	1	14,6	1	1,5

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

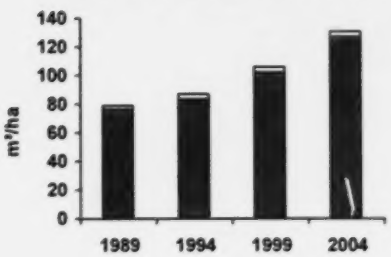


Place 202 - RIVIÈRE-ÉTERNITÉ

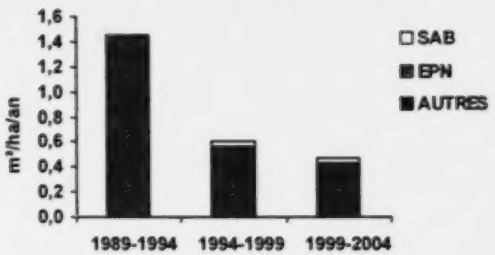
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



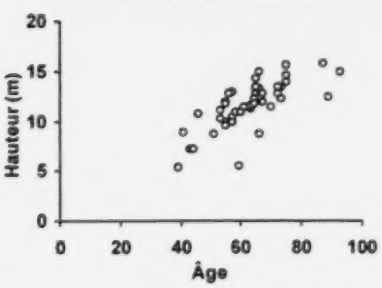
Volume marchand vivant



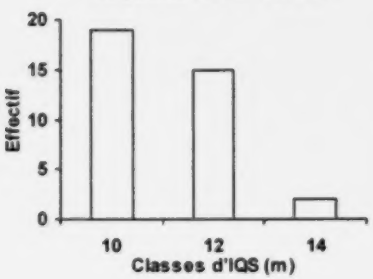
Mortalité annuelle périodique



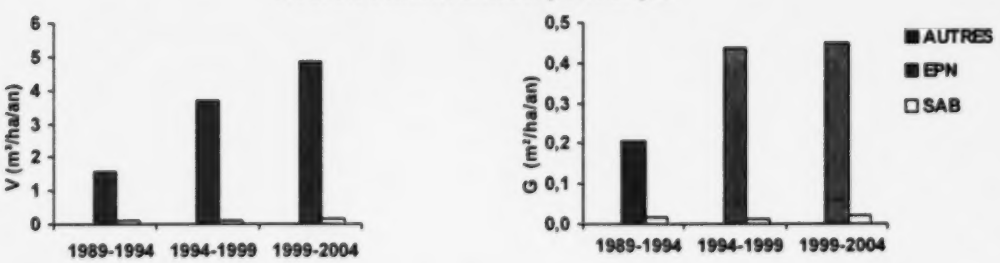
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS

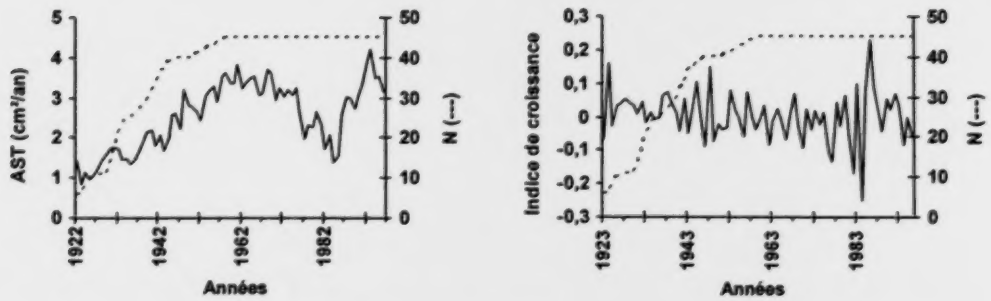


Accroissement annuel périodique

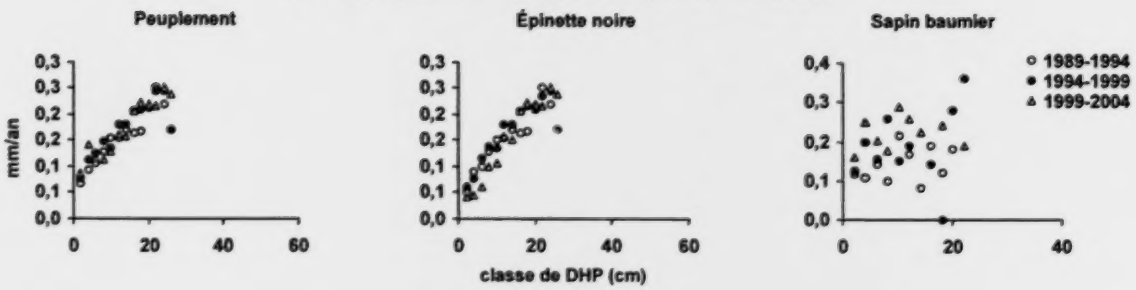


Place 202 - RIVIÈRE-ÉTERNITÉ

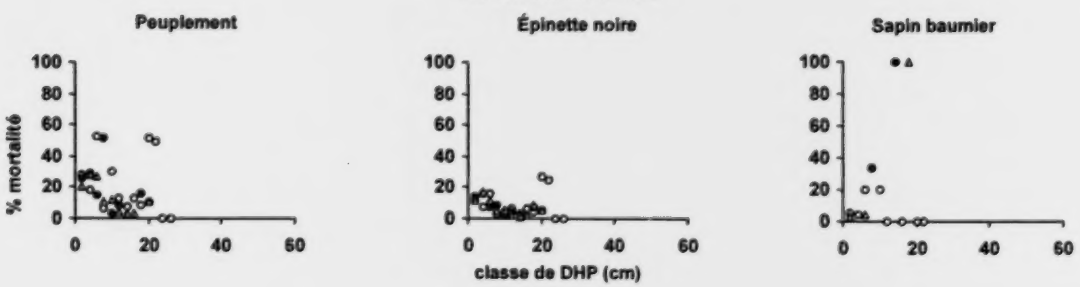
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une pessière noire inéquienne, de structure diamétrale en « J inversé », d'un âge moyen de 63 ans en 1989 et de densité moyenne (ρ = 0,55 en 1989). L'IQS moyen de la station est de 10 m à 50 ans. C'est un peuplement qui continue à croître régulièrement mais faiblement. Par exemple, la croissance en diamètre est d'environ 1 mm par an, l'accroissement annuel périodique pour l'ensemble de la période en surface terrière est de 0,01 m²/ha/an tandis que pour la même période (1989-2004) l'accroissement annuel périodique en volume moyen est de 3,5 m³/ha/an. L'accroissement annuel périodique de l'épinette noire est plus important durant la deuxième moitié de la décennie que durant la première, faisant plus que doubler, et ce, autant pour ce qui est de l'accroissement annuel périodique en volume qu'en surface terrière; ceci est particulièrement vrai pour les tiges dont le diamètre est supérieur à 16 cm. Il faut également souligner la très forte densité de gaules dans le peuplement dont l'effectif se maintient au cours du temps. Cependant, l'essence principale, l'épinette noire et l'essence secondaire, le sapin baumier ont un comportement inverse. En effet, en quinze ans le nombre de gaules d'épinette noire a diminué de 31 % alors que celui de sapin baumier a augmenté de 274 %. On observe la même tendance au niveau de la régénération où le nombre d'épinette noire a chuté de 65 % alors que le nombre de sapin baumier a augmenté de 207 %.

Place 203 - ASHUAPMUSHUAN

Code cartographique EE-A-2-B-II-1ay
Altitude : 280 m
Localisation : 48° 48' 41" N.; 72° 46' 03" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor

Tiges marchandes

	Peuplement			Épinette noire			Pin gris		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	1560	32,68	15,9 ± 3,8	1316	26,40	15,6 ± 3,6	208	5,86	18,6 ± 3,8
1994	1508	33,01	16,2 ± 3,9	1260	26,51	15,9 ± 3,7	196	5,90	19,2 ± 3,7
1999	1440	33,56	16,7 ± 4,1	1196	26,79	16,4 ± 3,9	188	6,03	19,9 ± 3,8
2004	1244	30,12	17,0 ± 4,2	1020	23,67	16,7 ± 4,0	164	5,57	20,5 ± 3,7

Gaules

	Peuplement			Épinette noire			Pin gris		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	808	1,51	4,2 ± 2,5	344	1,03	5,8 ± 2,1			
1994	740	1,33	4,2 ± 2,3	272	0,83	5,9 ± 2,1			
1999	724	1,39	4,4 ± 2,2	232	0,74	6,0 ± 2,1			
2004	616	1,19	4,5 ± 2,0	156	0,50	6,1 ± 2,1			

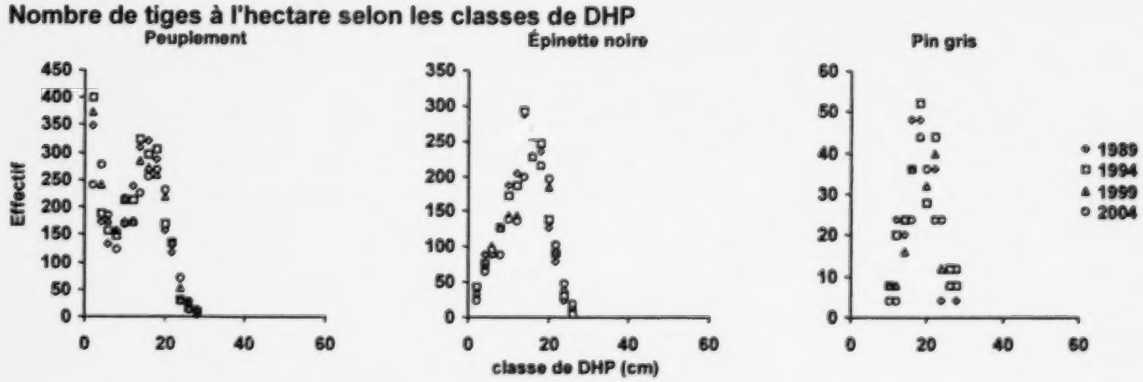
Régénération haute

	AME	BOP	EPN	SAB	SAL	SOA	THO
1989			16	100	80	96	4
1994	40		20	56	112	44	
1999	4		24	48	72	52	
2004		4	16	68	56	36	

Régénération basse

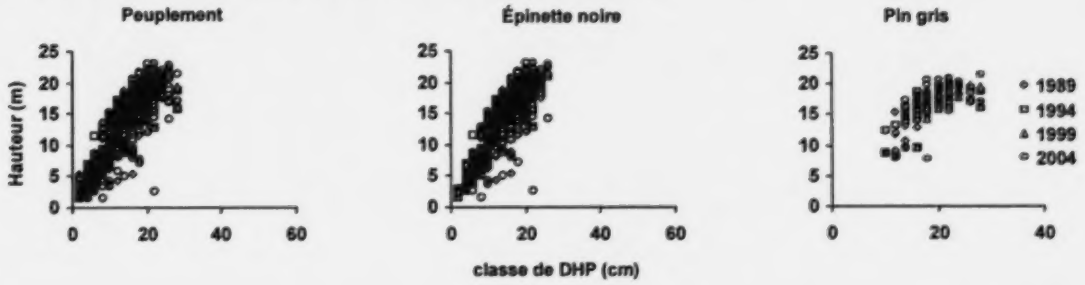
	AME	BOP	EPN	ERR	PET	PRP	SAB	SAL	SOA
1989		1	10,5				11,5	7	5,5
1994	1	1	3,7		1		12,1	2,2	1
1999	1	1	2	1			7,2	1	1
2004		1	1			1	4,5	2	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

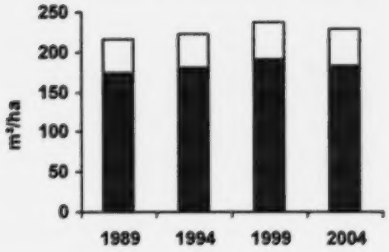


Place 203 - ASHUAPMUSHUAN

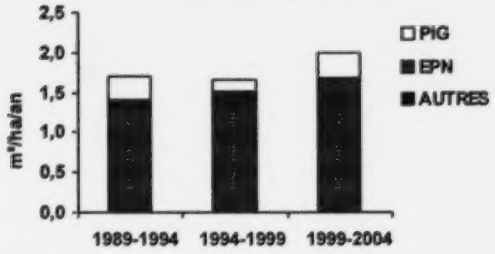
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



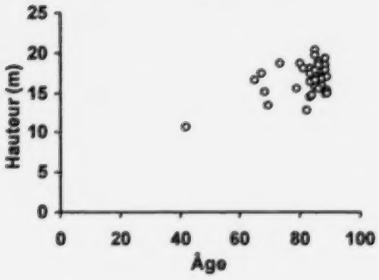
Volume marchand vivant



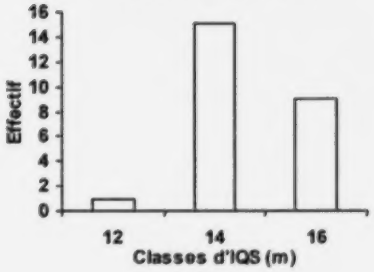
Mortalité annuelle périodique



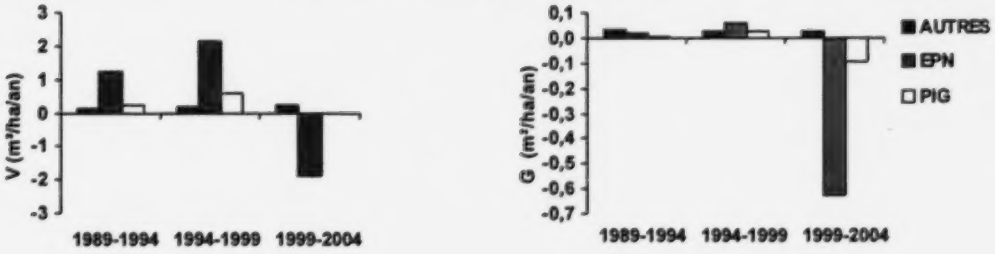
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS

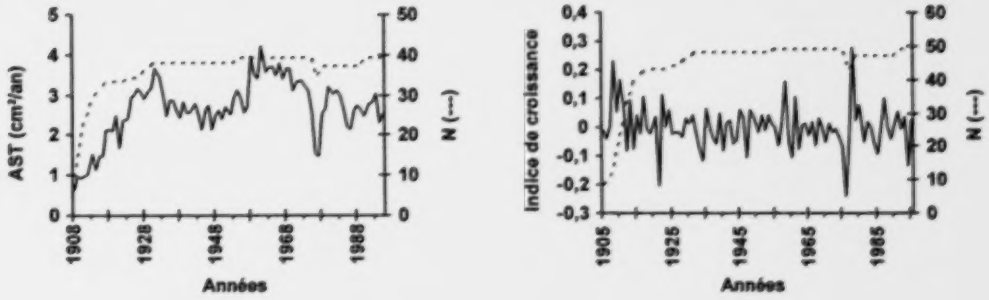


Accroissement annuel périodique

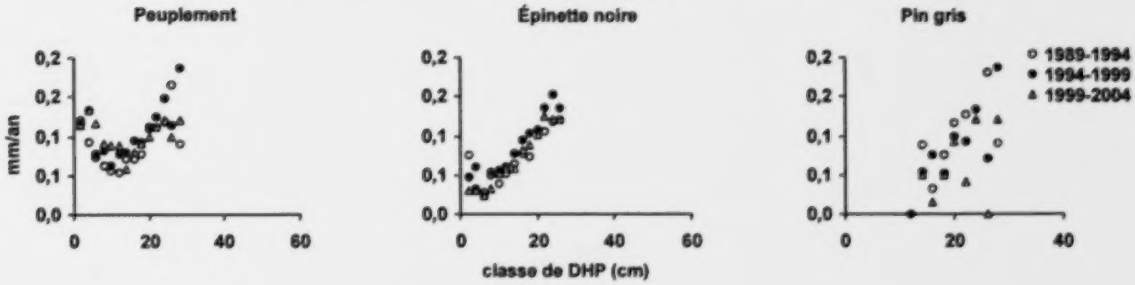


Place 203 - ASHUAPMUSHUAN

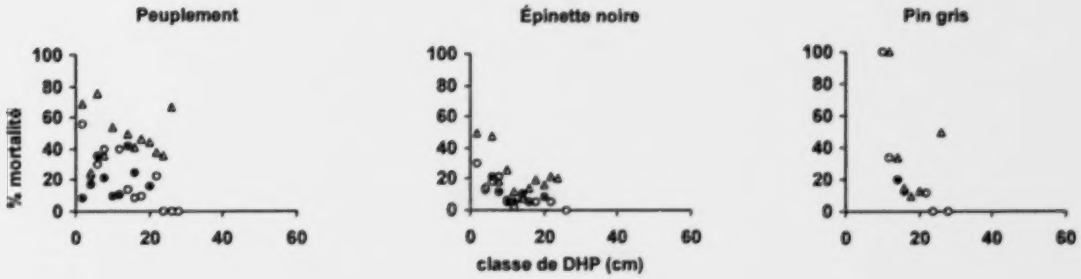
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité

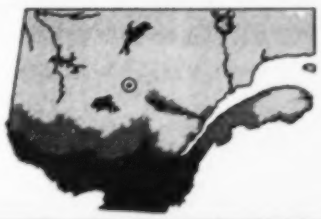


Commentaires :

Il s'agit d'une pessière noire inéquienne, de structure irrégulière, d'un âge moyen de 82 ans en 1989 et présentant alors une forte densité (ρ = 0,75 en 1989; ρ = 0,69 en 2004). Le peuplement est en autoéclaircie ce qui signifie que la forte compétition intra et inter spécifique a provoqué une mortalité importante des tiges de faible diamètre. On constate en effet que 20 à 40 % des tiges d'épinette noire dont le diamètre est inférieur à 18 cm meurent. En quinze ans, environ 20 % des tiges marchandes d'épinette noire ou de pin gris sont disparus alors que ce sont plus de la moitié des gaules d'épinette noire et toutes les gaules de pin gris qui sont disparues pendant la même période (1989-2004). Pendant dix ans, la diminution d'effectif n'a pas entraîné une diminution de la surface terrière du peuplement au complet, ni d'aucune des deux essences prépondérantes (épinette noire, pin gris). Cependant, une importante baisse de la surface terrière du peuplement au complet mais aussi des deux essences prépondérantes est survenue au cours des cinq dernières années (1999-2004). En cinq ans, le peuplement a perdu 10 % de sa surface terrière marchande. Un chablis partiel, survenu entre 1999 et 2004 peut en partie expliquer cette diminution de surface terrière. L'accroissement annuel périodique en volume et en surface terrière a doublé entre les deux premières périodes de mesurage pour atteindre environ 2 m³/ha/an dans le cas de l'épinette noire, puis a considérablement chuté entre 1999 et 2004 (-2 m³/ha/an). Ce peuplement est un peuplement dont la dynamique de succession des espèces est typique des forêts du nord régies par le feu. Le couvert de pin gris laisse progressivement la place à un couvert d'épinette noire en association avec le sapin baumier (pin gris est totalement absent du stade gaulis ou régénération). Cette station est l'une des trois stations résineuses la plus diversifiée en espèces ligneuses, avec au total neuf espèces ligneuses différentes recensées en quinze ans.

Place 204 - LAC DE LA TIRASSE

Code cartographique EPg-A-3-B-II-2a
Altitude : 415 m
Localisation : 49° 12' 27" N.; 73° 38' 38" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor



Tiges marchandes

	Peuplement			Épinette noire			Pin gris		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1996	2520	26,60	11,5 ± 1,8	1588	16,47	11,4 ± 1,8	932	10,13	11,6 ± 1,8
2001	2640	28,98	11,7 ± 1,9	1772	19,10	11,6 ± 1,9	868	9,88	11,9 ± 2,0

Gaules

	Peuplement			Épinette noire			Pin gris		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1996	4796	11,60	5,1 ± 2,3	4464	9,88	4,8 ± 2,2	328	1,72	8,1 ± 0,8
2001	3840	9,34	5,1 ± 2,2	3656	8,36	5,0 ± 2,1	180	0,97	8,3 ± 0,8

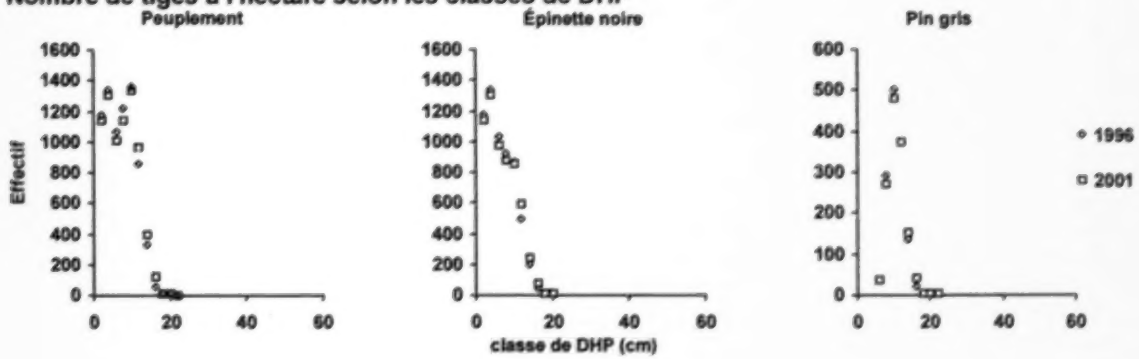
Régénération haute

	AME	EPN	SAL
1996	12	364	
2001		180	4

Régénération basse

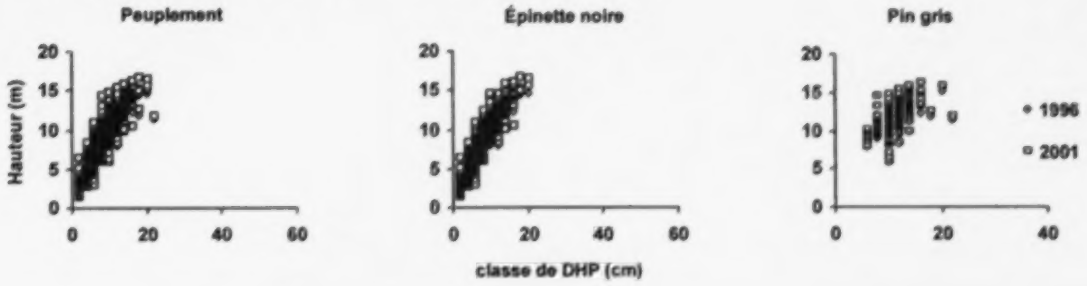
	AME	EPN	SAB	SAL
1996	1	8,5	1	1
2001		10,2	1	

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

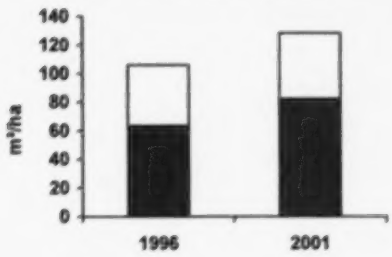


Place 204 - LAC DE LA TIRASSE

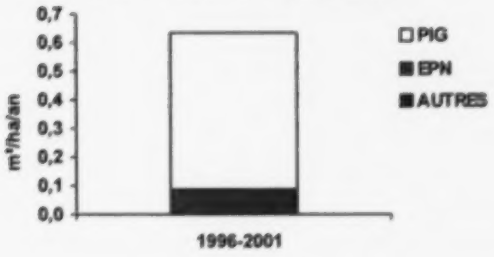
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



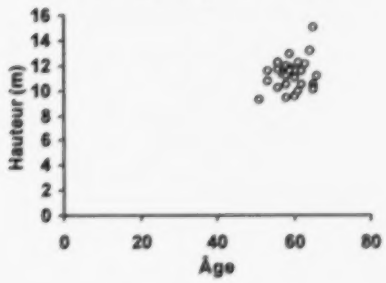
Volume marchand vivant



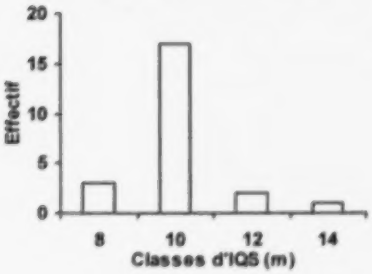
Mortalité annuelle périodique



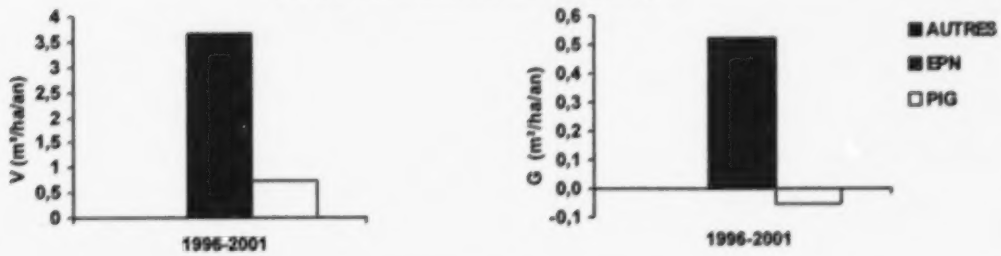
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



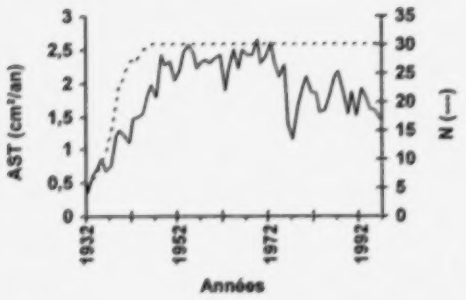
Accroissement annuel périodique

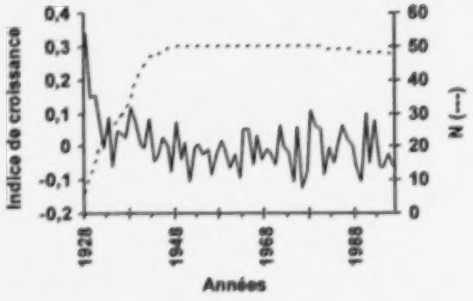


Place 204 - LAC DE LA TIRASSE

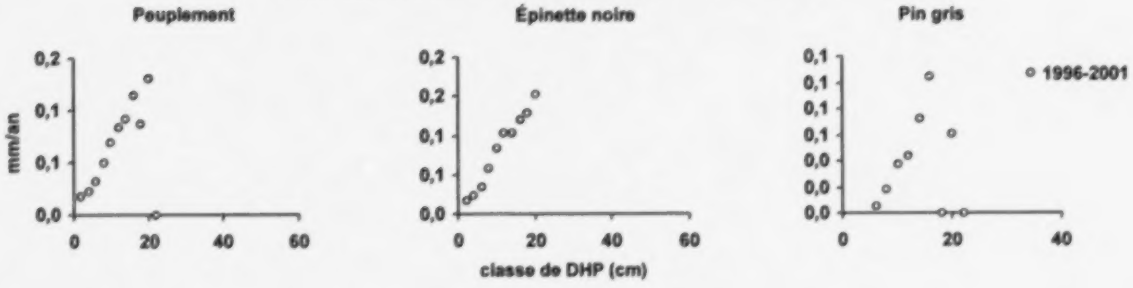
Dynamique du peuplement

Dendrochronologie

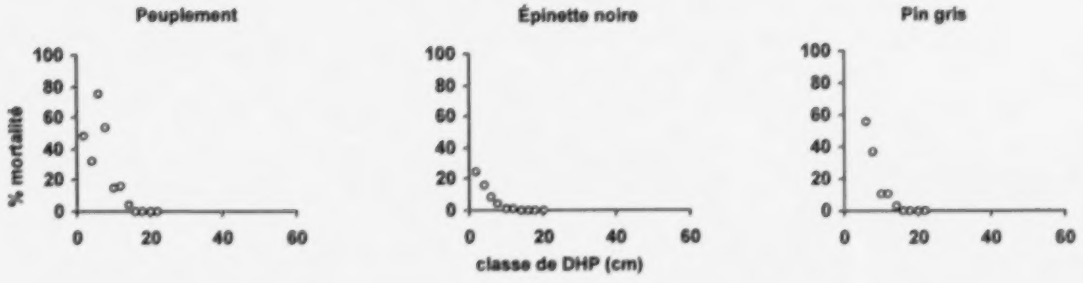




Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une jeune pessière à pin gris équienne, de structure diamétrale régulière, d'un âge moyen de 60 ans (en 1996) et de faible densité (ρ = 0,43). Le peuplement est toujours en croissance. Curieusement cette pessière est la pessière du RÉSEF qui a le meilleur accroissement annuel moyen en surface terrière (0,53 m²/ha/an). Cependant cette performance ne se traduit pas par un accroissement de volume car l'accroissement annuel moyen de celui-ci est dans la moyenne de celui des sept autres pessières du RÉSEF. Il semble donc, que pour une raison que l'on ignore, l'épinette noire ne pousse pas autant en hauteur qu'elle ne le fait en diamètre. Il faut également noter une grande abondance de tiges de faibles diamètres mais ces tiges poussent peu (accroissement annuel périodique en diamètre inférieur à 0,1 mm/an pour les gaulis). Ces tiges de faibles diamètres (< 13 cm) sont également celles qui ont le plus haut taux de mortalité, ce dernier variant de 20 à 60 % selon les classes de DHP. Dans ce peuplement, le pin gris est en déclin avec un accroissement annuel périodique en diamètre quasiment nul et un accroissement annuel périodique en surface terrière négatif. Le sous-bois est essentiellement un sous-bois d'épinette noire. C'est l'un des deux plus pauvres peuplements résineux en matière de diversité ligneuse. Seulement cinq espèces ligneuses y ont été recensées.

Place 404 - PARENT

Code cartographique EE-A-3-A-II-1ay
Altitude : 455 m
Localisation : 47° 54' 12" N.; 74° 37' 48" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor

Structure et composition du peuplement

Tiges marchandes

	Peuplement			Épinette noire			Pin gris		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1990	2308	32,51	13,0 ± 3,1	1892	25,47	12,8 ± 2,8	176	3,88	16,0 ± 4,9
1995	2320	34,26	13,3 ± 3,2	1900	26,81	13,1 ± 2,9	172	4,07	16,7 ± 4,9
2000	2204	35,54	13,9 ± 3,5	1796	27,48	13,6 ± 3,1	164	4,39	17,8 ± 4,8

Gaules

	Peuplement			Épinette noire			Pin gris		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1990	1760	5,72	6,1 ± 2,1	1132	4,07	6,5 ± 2,0	36	0,17	7,6 ± 1,1
1995	1140	4,02	6,4 ± 2,0	652	2,80	7,3 ± 1,3	20	0,11	8,2 ± 0,7
2000	732	2,51	6,3 ± 2,1	348	1,54	7,4 ± 1,5			

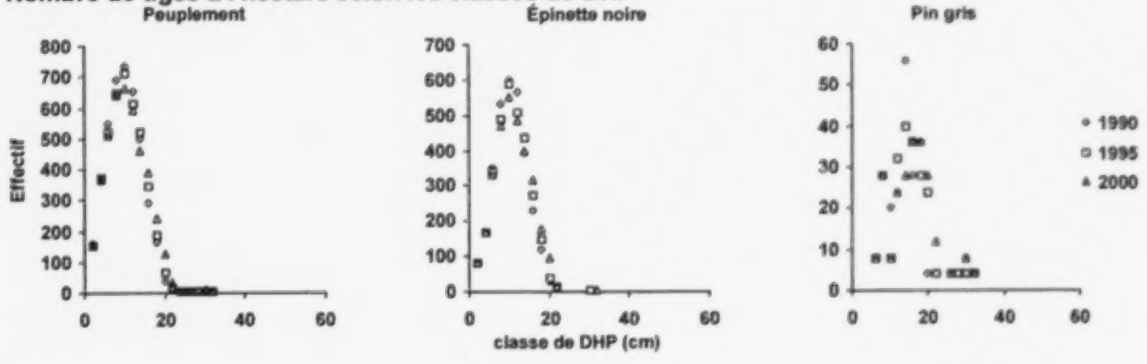
Régénération haute

	AME	BOP	EPN	SAB	SAL	SOA
1990		4	104	32	12	12
1995			28	24	24	12
2000	4		20	36		28

Régénération basse

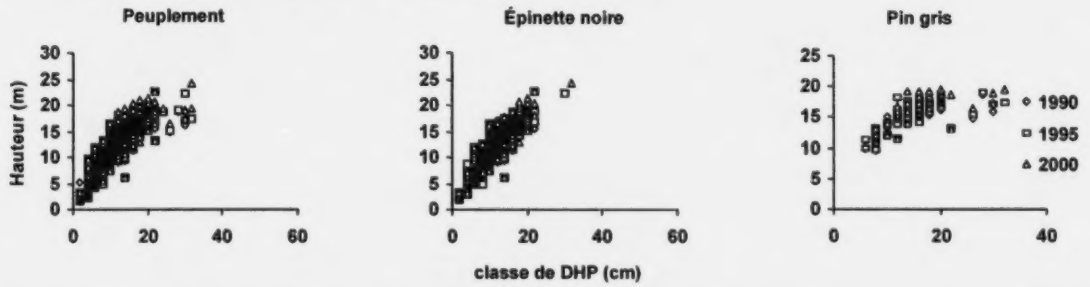
	BOP	EPN	ERR	SAB	SAL	SOA
1990	1,9	11,7		9	1	2,7
1995		2,2		6,1		1
2000	1	2,4	1	2,5	1	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

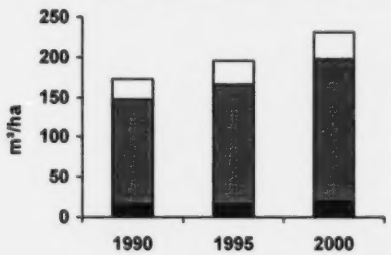


Place 404 - PARENT

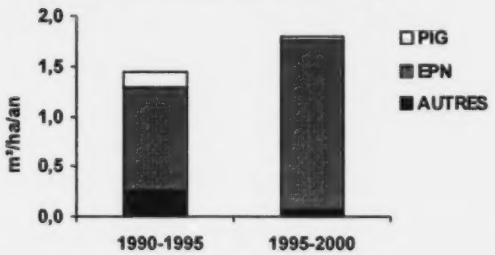
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



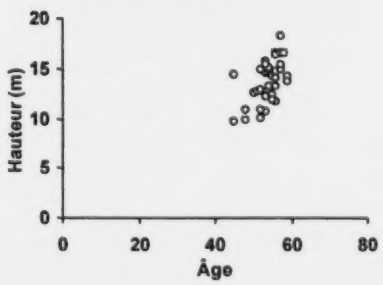
Volume marchand vivant



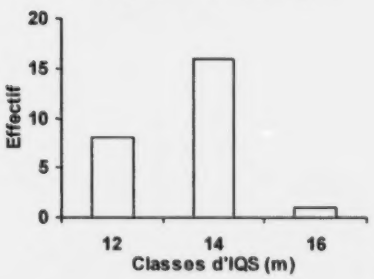
Mortalité annuelle périodique



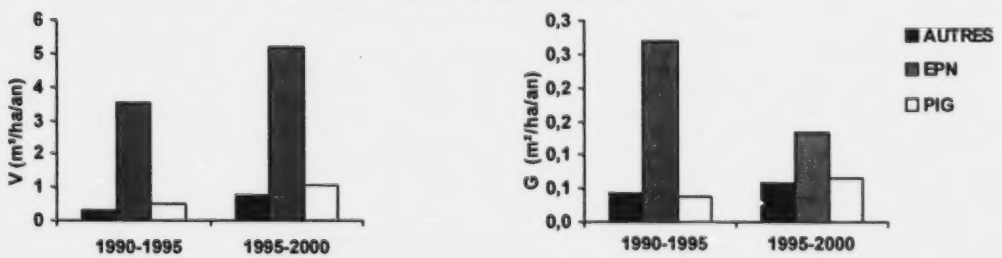
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



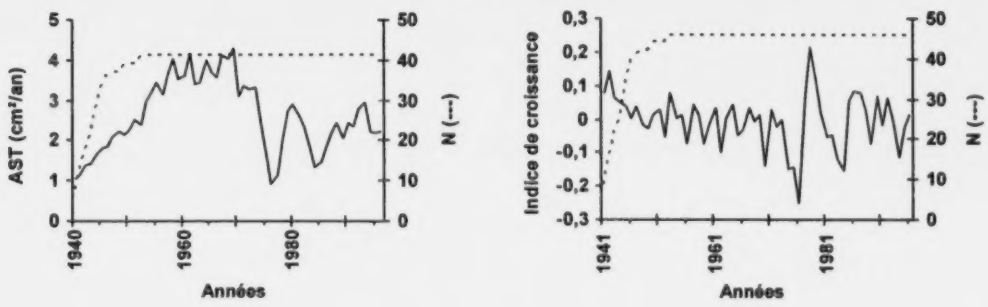
Accroissement annuel périodique



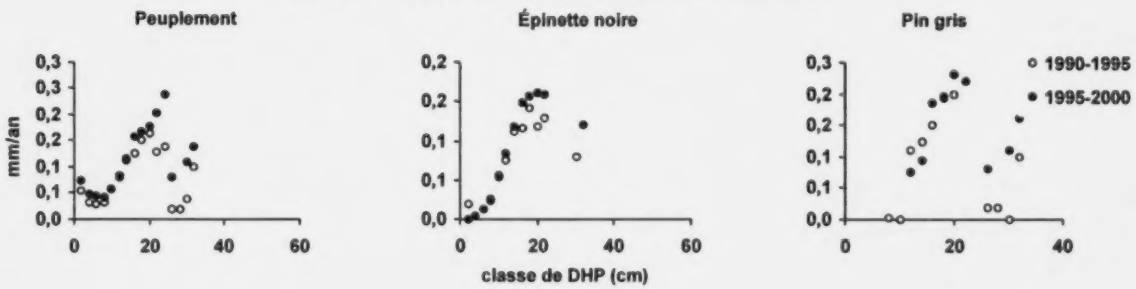
Place 404 - PARENT

Dynamique du peuplement

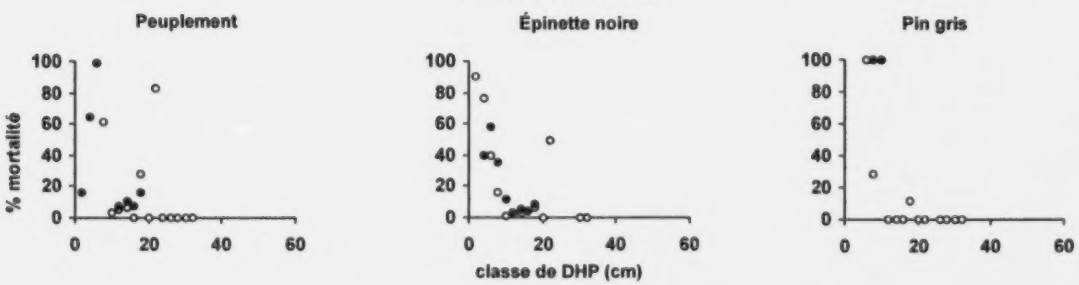
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une jeune pessière noire équienne, de structure diamétrale régulière, dont l'âge moyen est de 54 ans en 1990 et de forte densité (ρ = 0,71). La compétition intraspécifique dans le peuplement est très forte puisque le peuplement est en situation d'autoéclaircie. En dix ans, le nombre de tiges dans le peuplement a chuté de 28 %. Sur la même période, la surface terrière du peuplement s'est maintenue, la diminution de la surface terrière des gaules étant compensée par l'augmentation de celle des arbres marchands. Dans ce peuplement, le pin gris n'est pas encore en déclin puisque l'accroissement annuel périodique en surface terrière et en volume est faible mais pas négatif comme c'est le cas dans d'autres stations du RÉSEF. L'accroissement annuel périodique de l'épinette noire en volume est supérieur dans la deuxième moitié de la décennie comparativement à la première moitié. On observe le phénomène inverse pour ce qui est de l'accroissement annuel périodique en surface terrière. Sur l'ensemble de la décennie, l'accroissement annuel périodique en volume est de 4,37 m³/ha/an et l'accroissement annuel périodique en surface terrière est de 0,2 m²/ha/an.

Place 801 - SENNETERRE

Code cartographique EE-A-2-A-IV-4ga
Altitude : 325 m
Localisation : 48° 22' 03" N.; 77° 07' 28" O.
Type de sol :
Type d'humus Mor

Tiges marchandes

	Peuplement			Épinette noire			Peuplier faux-tremble		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1990	1680	29,99	14,7 ± 3,4	1456	26,44	14,8 ± 3,3	152	2,56	14,2 ± 3,7
1995	1644	31,41	15,2 ± 3,4	1456	28,34	15,4 ± 3,4	116	2,04	14,6 ± 3,2
2000	1616	33,16	15,8 ± 3,6	1452	30,35	15,9 ± 3,6	100	1,95	15,4 ± 3,2

Gaules

	Peuplement			Épinette noire			Peuplier faux-tremble		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1990	728	1,95	5,4 ± 2,2	284	0,97	6,3 ± 2,1			
1995	628	1,65	5,3 ± 2,4	184	0,68	6,5 ± 2,2			
2000	484	1,18	5,0 ± 2,4	92	0,34	6,4 ± 2,4			

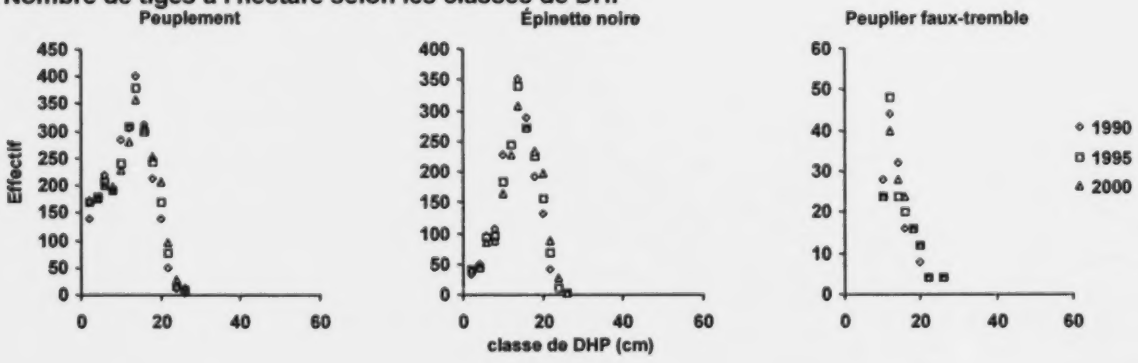
Régénération haute

	EPN	SAB	SAL	SOA
1990	140	104	36	
1995	36	72	88	4
2000	36	52	40	8

Régénération basse

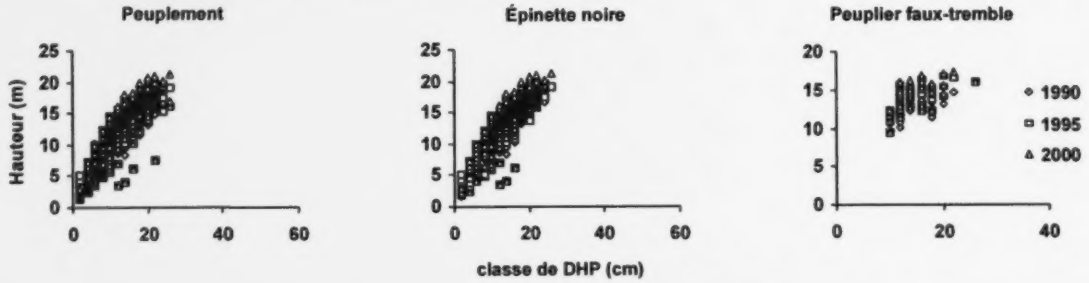
	AME	BOP	EPN	SAB	SAL	SOA
1990		1	10,1	4,8	1	
1995	1	1	10,6	4,5	5,3	1
2000			8,7	2	1,7	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

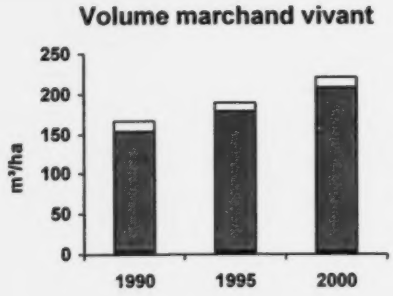


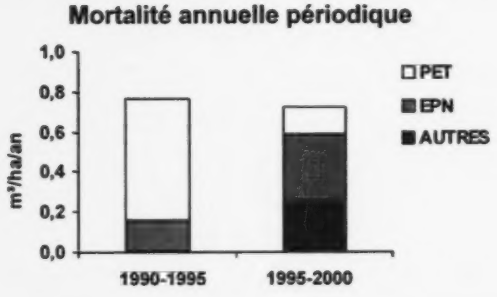
Place 801 - SENNETERRE

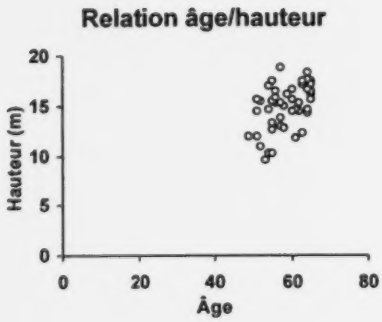
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence

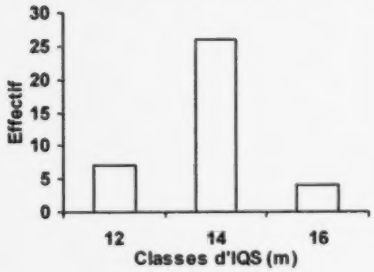


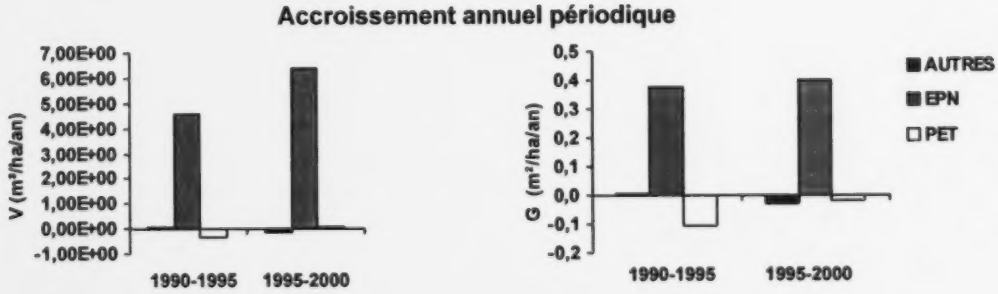
Productivité du peuplement







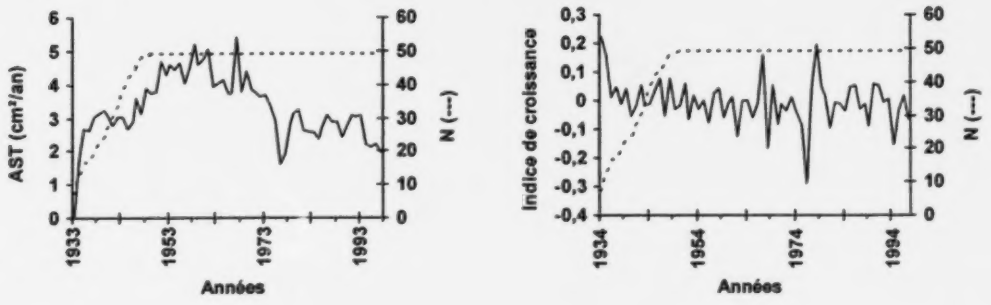




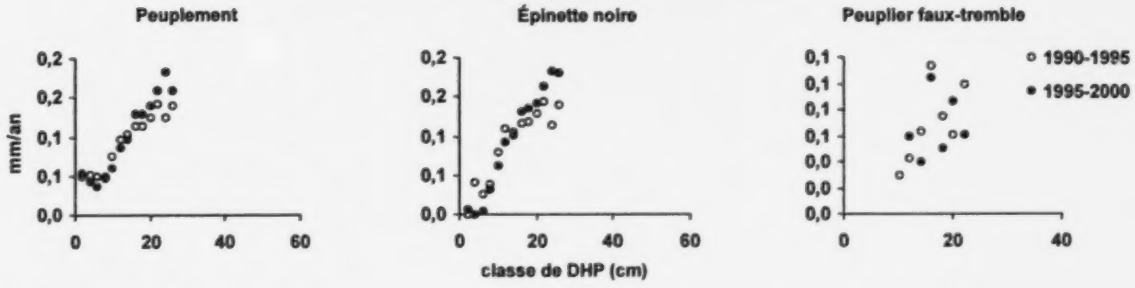
Place 801 - SENNETERRE

Dynamique de peuplement

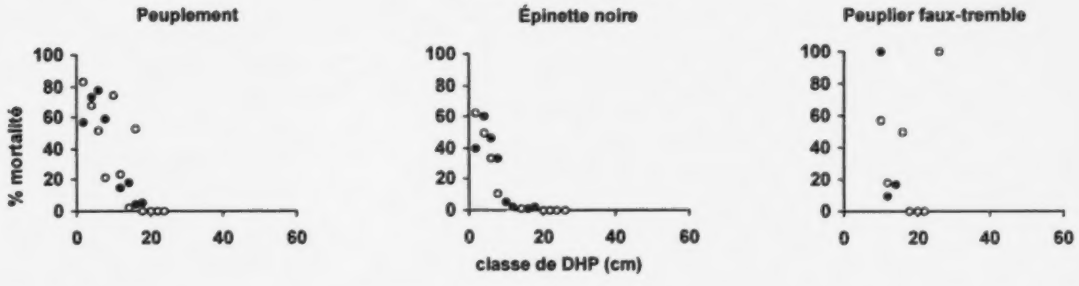
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une jeune pessière noire inéquienne, de structure diamétrale régulière, dont l'âge moyen est de 59 ans en 1990 et de forte densité (ρ = 0,7). Avec la fermeture du couvert, le peuplier faux-tremble décline (perte de 24 % de la surface terrière en 10 ans) alors que l'épinette noire a gagné 11 % en surface terrière sur la même période de temps. Le peuplement étant en autoéclaircie, ce sont les tiges de faible diamètre qui disparaissent le plus. Le taux de mortalité des tiges d'épinette noire dont le diamètre est inférieur à 13 cm varie de 5 à 60 % selon les classes de diamètre. L'accroissement annuel périodique en volume est plus important pendant la deuxième partie de la décennie que durant la première, avec une augmentation d'environ 40 %. Il en est de même pour ce qui est de l'accroissement annuel périodique en surface terrière même si cette augmentation est beaucoup moins significative (5 %). Notons que ce sont les arbres dont le DHP est supérieur à 15 cm qui ont le plus augmenté en diamètre entre 1995 et 2000. Cette station est l'une des deux pessières du réseau qui présente le plus fort accroissement annuel périodique en volume. Cependant il n'en est pas de même pour ce qui est de son accroissement annuel périodique en surface terrière, ce dernier étant dans la moyenne des accroissements annuels périodiques des pessières du réseau.

Place 902 - FORESTVILLE

Code cartographique EE-A-3-A-II-2a
Altitude : 135 m
Localisation : 48° 52' 41" N.; 69° 05' 05" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor

Tiges marchandes

	Peuplement			Épinette noire			Peuplier faux-tremble		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	1856	30,63	14,1 ± 3,2	1812	29,98	14,2 ± 3,1	28	0,30	11,4 ± 2,2
1994	1820	31,73	14,5 ± 3,3	1792	31,22	14,5 ± 3,2	16	0,18	11,9 ± 2,5
1999	1712	31,68	15,0 ± 3,4	1688	31,20	15,0 ± 3,3	12	0,14	11,9 ± 3,2
2004	1332	26,88	15,6 ± 3,5	1312	26,65	15,7 ± 3,5	8	0,12	13,6 ± 3,0

Gaules

	Peuplement			Épinette noire			Peuplier faux-tremble		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	836	2,48	5,8 ± 2,1	712	2,17	5,9 ± 2,0	16	0,07	7,6 ± 1,2
1994	832	2,15	5,2 ± 2,4	624	1,87	5,8 ± 2,1	8	0,03	6,8 ± 1,3
1999	660	1,63	5,0 ± 2,5	456	1,39	5,8 ± 2,2	4	0,02	7,7 ±
2004	464	1,05	4,7 ± 2,7	256	0,90	6,4 ± 2,0			

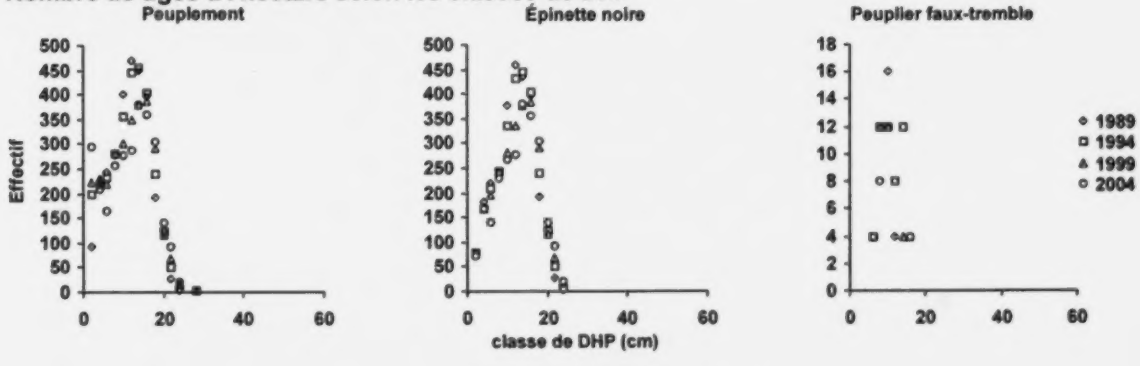
Régénération haute

	AME	BOP	EPN	SAB	SAL	SOA
1989		116	104	36	208	8
1994		20	56	20	496	8
1999	40	20	20	36	204	8
2004		16	4	64	248	8

Régénération basse

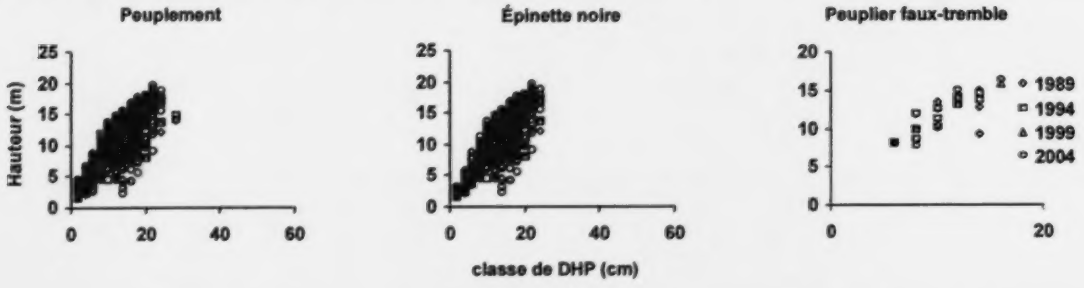
	AME	BOP	EPN	PET	PIB	SAB	SAL	SOA
1989		1	9,2		1	5,3	1	1
1994		1	11,6			11	10,1	2,5
1999	1	1	10,1			6	1	1
2004		1	7,2	1		5,2	3,1	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

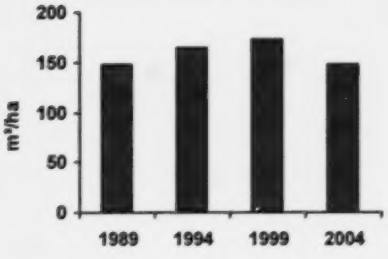


Place 902 - FORESTVILLE

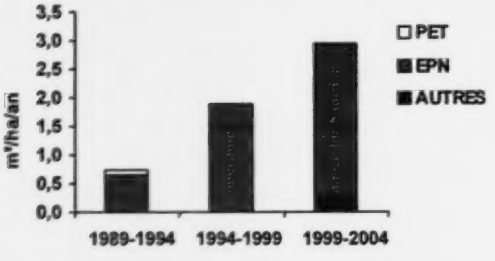
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



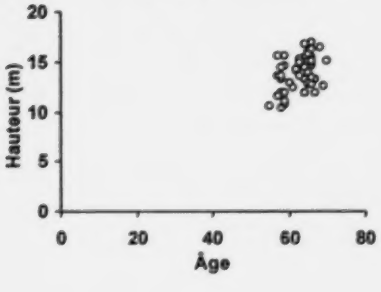
Volume marchand vivant



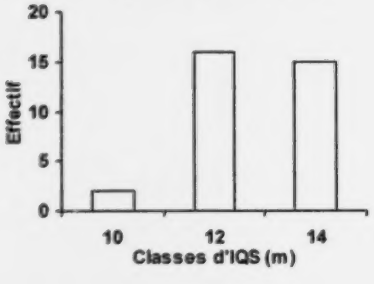
Mortalité annuelle périodique



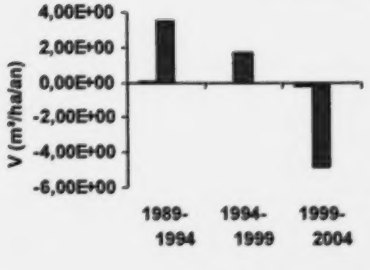
Relation âge/hauteur

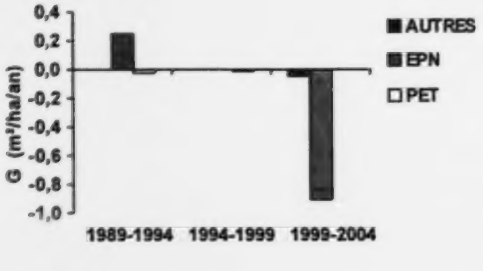


Répartition des IQS



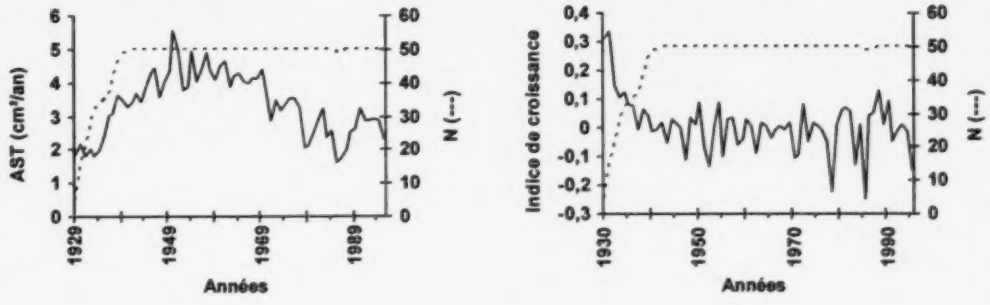
Accroissement annuel périodique



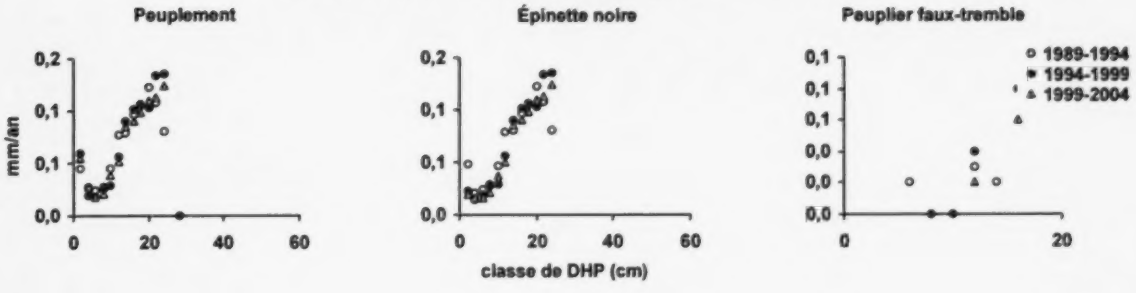


Place 902 - FORESTVILLE

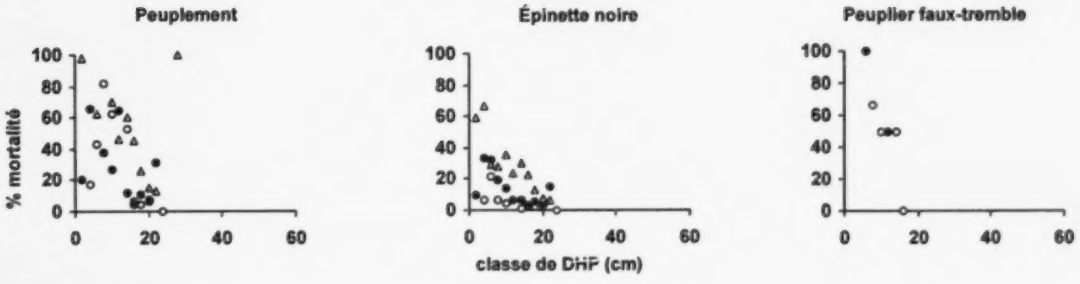
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une jeune pessière noire, équienne, de structure régulière, dont l'âge moyen en 1989 était de 63 ans et de forte densité (ρ = 0,71 en 1989; ρ = 0,61 en 1989). Son IQS moyen est de 12 m à 50 ans. C'est un peuplement en autoéclaircie; en quinze ans, le nombre de tiges a diminué de 33 %. Entre 1989 et 1999, la surface terrière du peuplement s'était maintenue malgré la diminution du nombre de tiges et la faible croissance radiale des tiges marchandes (0,9 cm/an entre 1989 et 1999). Entre 1999 et 2004, la surface terrière du peuplement a diminué de 16 % à cause d'un important chablis survenu en 2003. L'accroissement des tiges d'épinette noire de faible diamètre est quasiment nul alors que les tiges dont le diamètre était supérieur à 13 cm ont profité de la diminution du nombre de tiges pour mieux croître. On observe un taux de mortalité relativement important (de 20 à 80 %) des tiges d'épinette noire de DHP < 13 cm. Les accroissements annuels périodiques en volume et en surface terrière diminuent entre chaque période de mesurage. C'est un peuplement qui a une très faible croissance avec, en quinze ans, des accroissements annuels périodiques en volume de l'épinette noire 0,12 m³/ha/an et en surface terrière de -0,3 m²/ha/an.

Place 903 - PORT-CARTIER

Code cartographique EE-A-3-A-II-3an
Altitude : 115 m
Localisation : 50° 08' 21" N.; 67° 08' 35" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor

Tiges marchandes

	Peuplement			Épinette noire			Sapin baumier		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1991	2232	38,67	14,4 ± 3,6	1748	32,37	14,9 ± 3,7	484	6,50	12,8 ± 2,7
1996	2248	41,35	14,8 ± 3,8	1756	34,66	15,4 ± 3,8	492	6,69	12,9 ± 2,8
2001	2216	43,59	15,3 ± 3,9	1740	36,79	15,9 ± 4,0	476	6,80	13,2 ± 3,0

Gaules

	Peuplement			Épinette noire			Sapin baumier		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1991	3412	6,61	4,5 ± 2,1	1584	2,92	4,4 ± 2,1	1828	3,69	4,6 ± 2,1
1996	3000	5,99	4,6 ± 2,1	1372	2,55	4,4 ± 2,1	1628	3,44	4,8 ± 2,1
2001	2348	4,99	4,8 ± 2,1	1076	2,19	4,7 ± 2,1	1272	2,80	4,9 ± 2,1

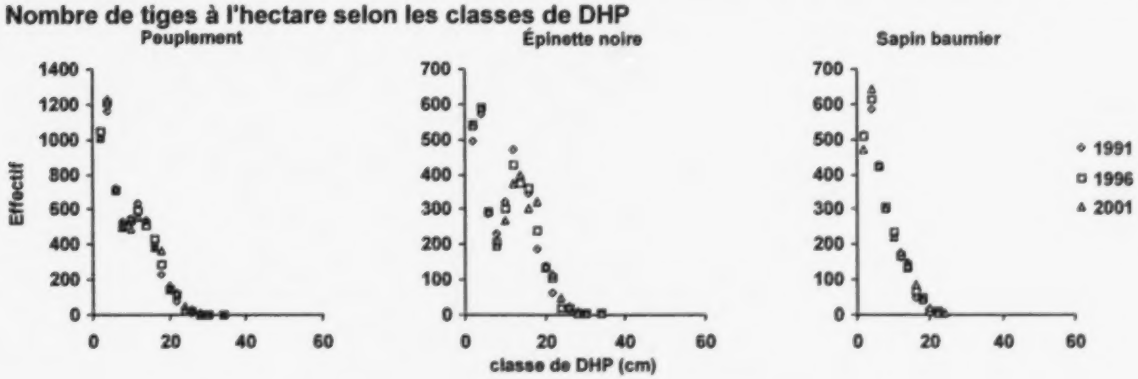
Régénération haute

	AME	EPN	HEG	SAB	SAL	SOA
1991		268	4	176	48	12
1996	24	216		120		12
2001	28	64		92		

Régénération basse

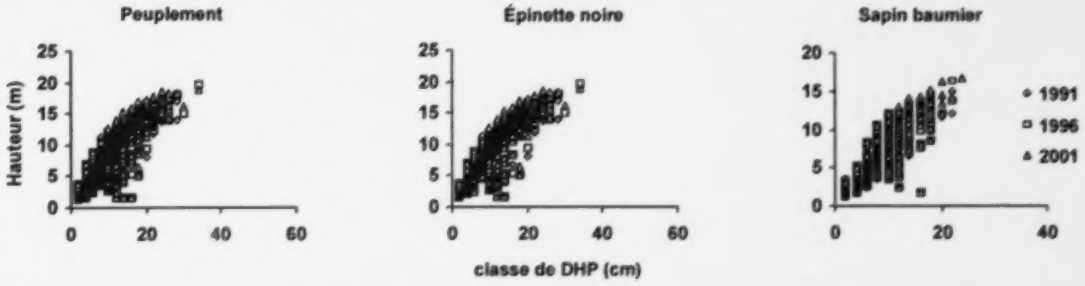
	AME	EPN	SAB	SAL	SOA
1991		13	13	4,4	3
1996	1	10,6	13		1
2001	1	6,3	10,6	1	

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP



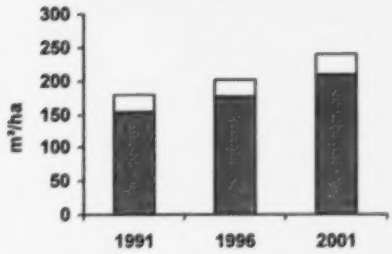
Place 903 - PORT-CARTIER

Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence

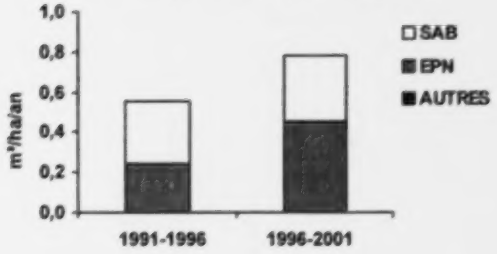


Productivité du peuplement

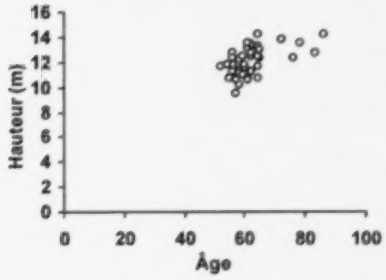
Volume marchand vivant



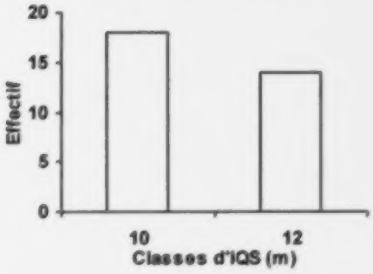
Mortalité annuelle périodique



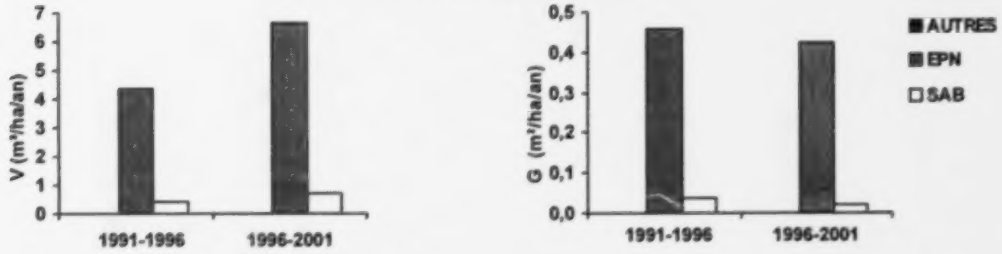
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS

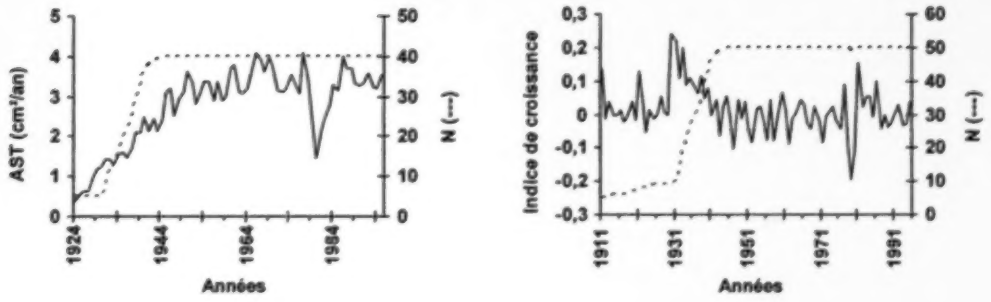


Accroissement annuel périodique

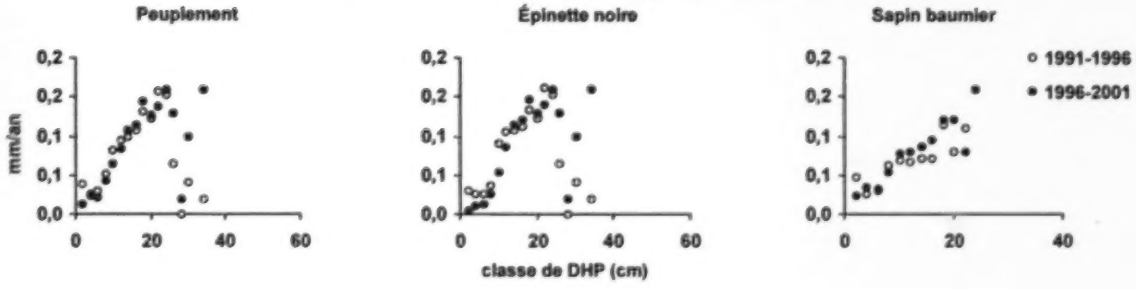


Place 903 - PORT-CARTIER

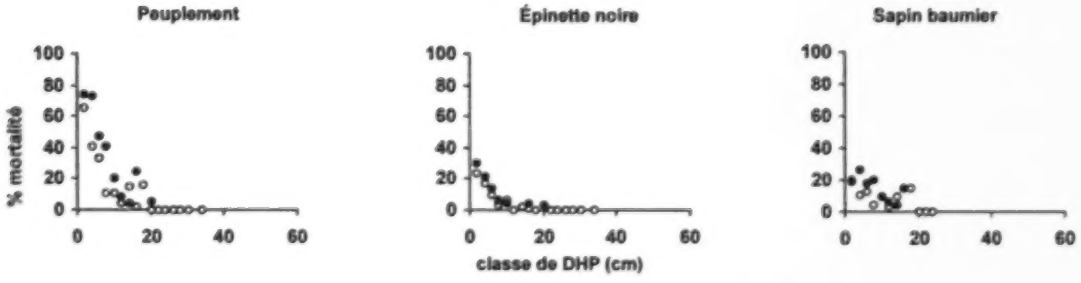
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité

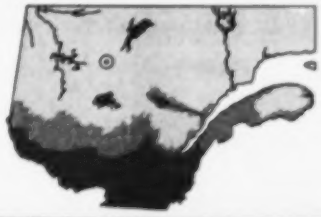


Commentaires :

Il s'agit d'une jeune pessière noire inéquienne de structure irrégulière, âgée de 62 ans en 1991 et de très forte densité (ρ = 0,9). C'est un peuplement en autoéclaircie. En dix ans, le nombre de gaules a chuté de 31 % alors que le nombre de tiges marchandes s'est maintenu. C'est le peuplement résineux qui, dans le RÉSEF, présente le plus important volume marchand ainsi que le peuplement résineux qui a la plus importante surface terrière. C'est également l'un des deux peuplements résineux dont l'essence principale présente le plus fort accroissement annuel périodique en volume (5,5 m³/ha/an).

Place 1001 - CHAPAIS

Code cartographique EE-A-3-A-II-1ay
Altitude : 310 m
Localisation : 49° 49' 40" N.; 74° 57' 15" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor



Tiges marchandes

	Peuplement			Épinette noire			Peuplier faux-tremble		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1990	2916	36,85	12,5 ± 2,3	2696	34,41	12,5 ± 2,3	192	2,09	11,6 ± 2,2
1995	2920	39,38	12,9 ± 2,5	2736	37,24	12,9 ± 2,5	160	1,85	11,9 ± 2,4
2000	2776	40,31	13,3 ± 2,6	2648	38,67	13,4 ± 2,6	104	1,34	12,5 ± 2,7

Gaules

	Peuplement			Épinette noire			Peuplier faux-tremble		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1990	2784	7,98	5,6 ± 2,2	2476	7,01	5,6 ± 2,2	124	0,56	7,5 ± 0,8
1995	2100	6,50	5,9 ± 2,1	1868	5,78	5,9 ± 2,1	68	0,32	7,7 ± 0,7
2000	1496	5,12	6,3 ± 2,1	1328	4,58	6,3 ± 2,1	36	0,17	7,7 ± 0,6

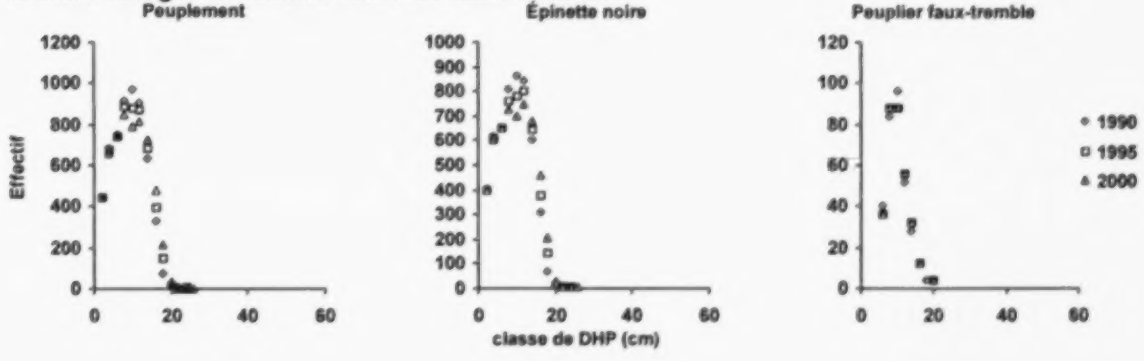
Régénération haute

	BOP	EPN	SAL	SOA
1990	8	200	40	
1995		8	80	8
2000	4	20	56	4

Régénération basse

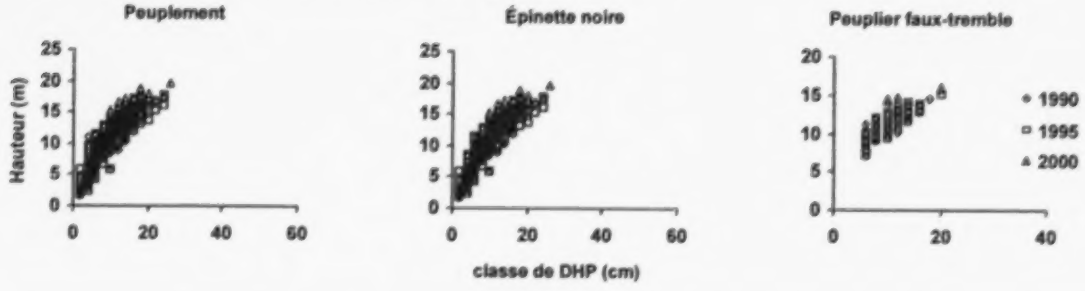
	BOP	EPN	ERE	SAB	SAL	SOA
1990		3,4			2,5	
1995	1	2	1	1	1	1
2000		1		1	1	

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

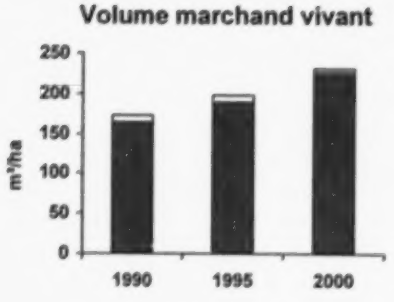


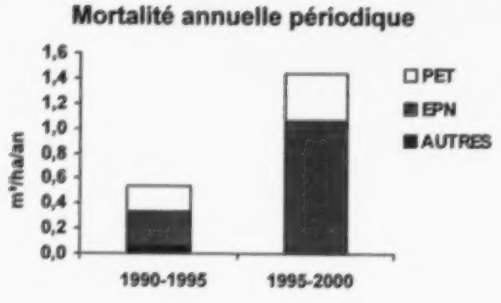
Place 1001 - CHAPAIS

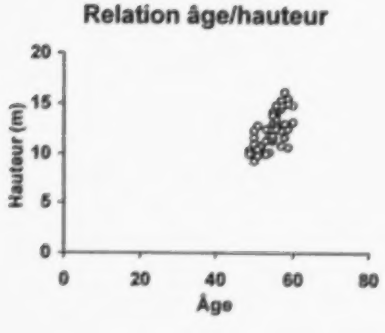
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence

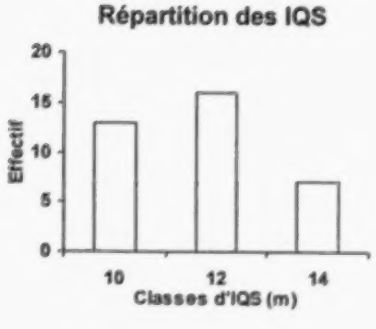


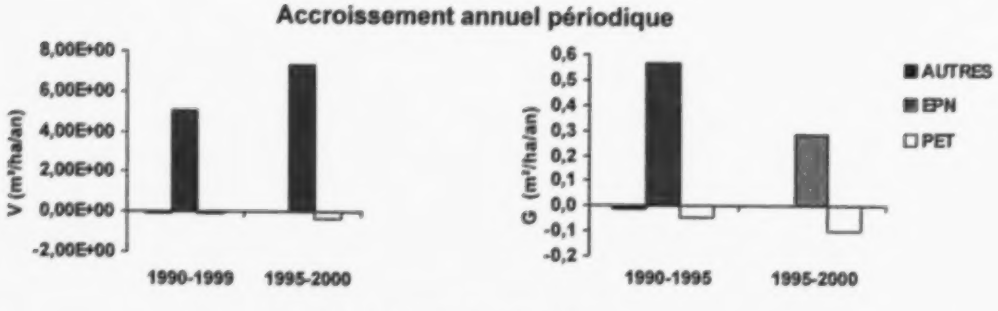
Productivité et accroissement







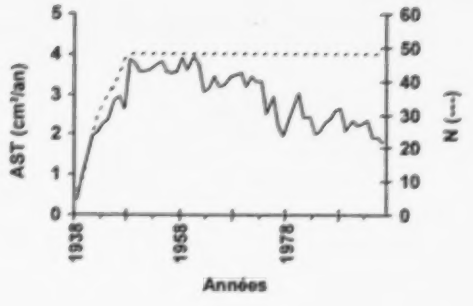


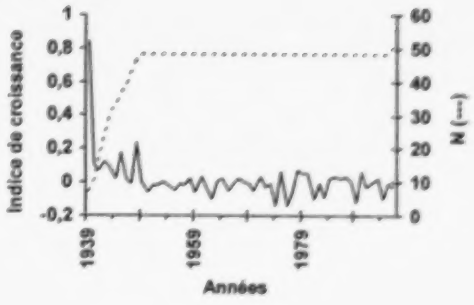


Place 1001 - CHAPAIS

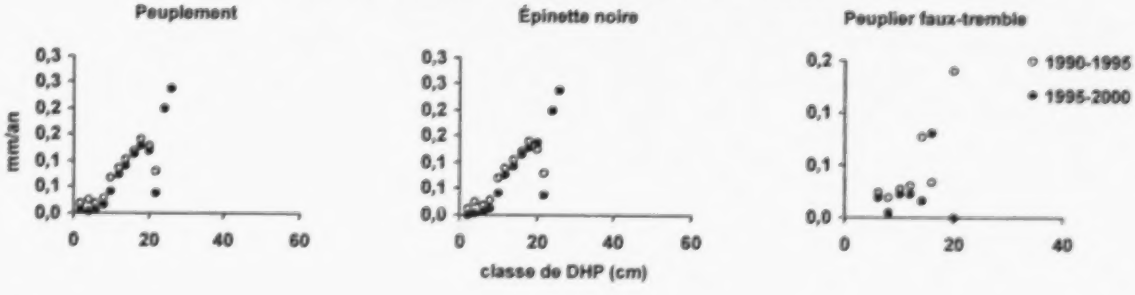
Dynamique du peuplement

Dendrochronologie

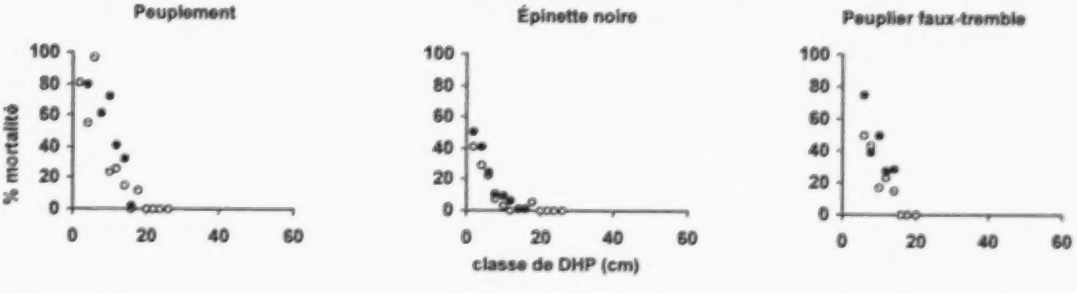




Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une jeune pessière noire équienne, de structure diamétrale régulière, dont l'âge moyen en l'an 2000 était de 65 ans. C'est un peuplement de très forte densité (ρ = 0,9) en autoéclaircie. Ce sont les tiges de faible diamètre qui sont affectées par la compétition. Le nombre de gaules a chuté de 46 % en dix ans. De même, dans le sous-bois le nombre de tiges d'épinette noire a chuté de 90 %. L'accroissement annuel périodique en volume de cette pessière est l'un des meilleurs observé dans les pessières du RÉSEF, et il est plus important dans la deuxième moitié de la décennie (7,3 m³/ha/an) que dans la première (5 m³/ha/an). Au contraire l'accroissement annuel périodique en surface terrière diminue de moitié entre la première moitié de la décennie et la deuxième. Cela se reflète sur l'accroissement annuel périodique en diamètre des tiges : quelle que soit la classe de diamètre, l'accroissement annuel périodique en diamètre mesuré entre 1990 et 1995 est supérieur a celui mesuré entre 1995 et 2000. C'est l'un des deux peuplements résineux du RÉSEF les plus pauvres relativement à la diversité d'arbres.

Place 1203 - N.-D. DU ROSAIRE

Code cartographique EE-D-2-A-IV-1a
Altitude : 375 m
Localisation : 46° 49' 42" N.; 70° 30' 05" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique gleyifié
Type d'humus Mor

Structure et composition du peuplement

Tiges marchandes

	Peuplement			Épinette rouge			Sapin baumier		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1987	984	31,54	19,5 ± 5,4	940	30,19	19,5 ± 5,5	36	1,12	19,5 ± 4,1
1992	924	31,88	20,2 ± 5,5	904	31,12	20,2 ± 5,6	16	0,57	21,2 ± 3,3
1997	888	32,54	20,8 ± 5,7	868	31,90	20,9 ± 5,7	16	0,61	21,9 ± 3,5
2002	740	28,65	21,4 ± 6,0	720	28,14	21,5 ± 5,9	16	0,48	17,7 ± 9,4

Gaules

	Peuplement			Épinette rouge			Sapin baumier		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1987	348	0,62	4,1 ± 2,5	216	0,50	4,8 ± 2,4	112	0,10	2,8 ± 2,0
1992	476	0,64	3,5 ± 2,2	204	0,41	4,5 ± 2,4	244	0,20	2,8 ± 1,6
1997	1208	0,93	2,6 ± 1,7	212	0,39	4,2 ± 2,3	884	0,51	2,3 ± 1,4
2002	2572	1,37	2,3 ± 1,3	204	0,27	3,5 ± 2,0	2144	1,03	2,2 ± 1,1

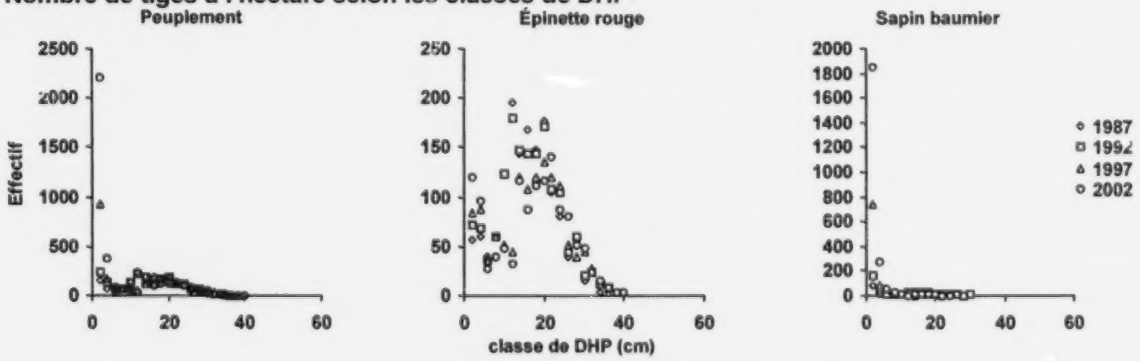
Régénération haute

	AME	BOJ	BOP	EPR	ERP	ERR	SAB	SAL	SOA
1987	4		104	40		4	132		
1992			216	72			424		24
1997		4	588	76	4	20	2424	4	20
2002			320	76		8	3820		12

Régénération basse

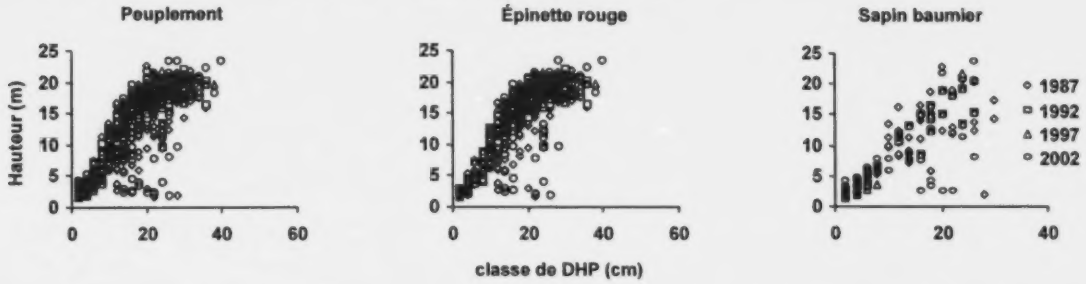
	AME	BOJ	BOP	EPB	EPR	ERE	ERR	PIB	SAB	SAL	SOA
1987	1		11		11,6		1	1	51		1
1992		1	2,9	1	4	1	1	1	77		1
1997			4,1		11		1	1	63	1	1
2002			1,6		8,2		1		52		1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP



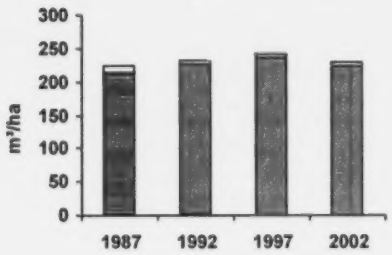
Place 1203 - N.-D. DU ROSAIRE

Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence

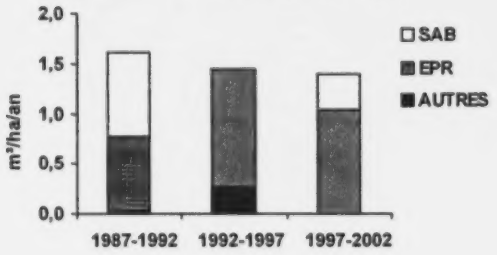


Productivité du peuplement

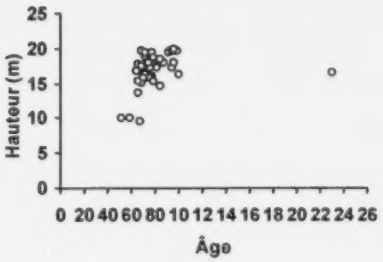
Volume marchand vivant



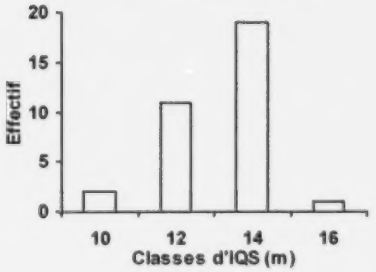
Mortalité annuelle périodique



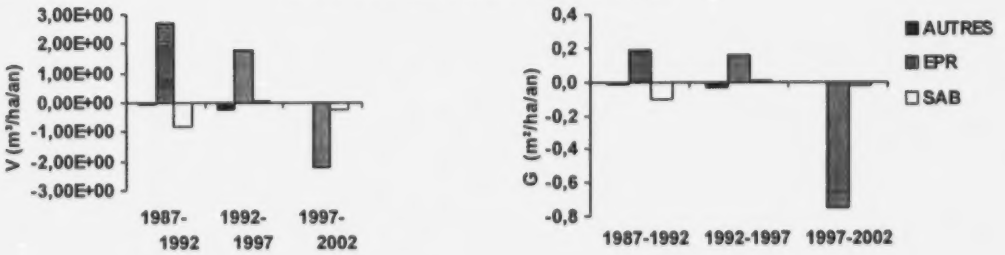
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS

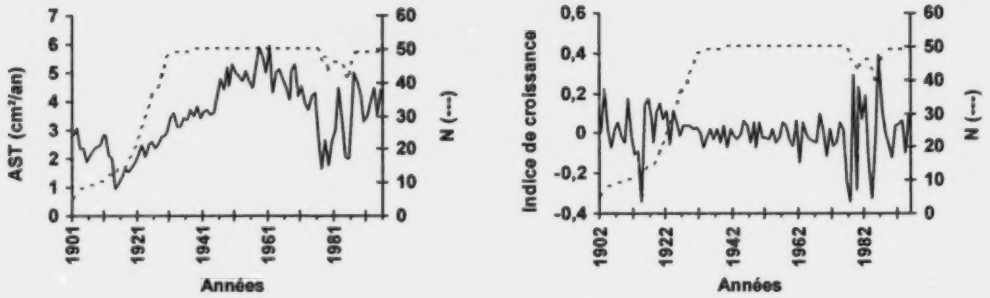


Accroissement annuel périodique

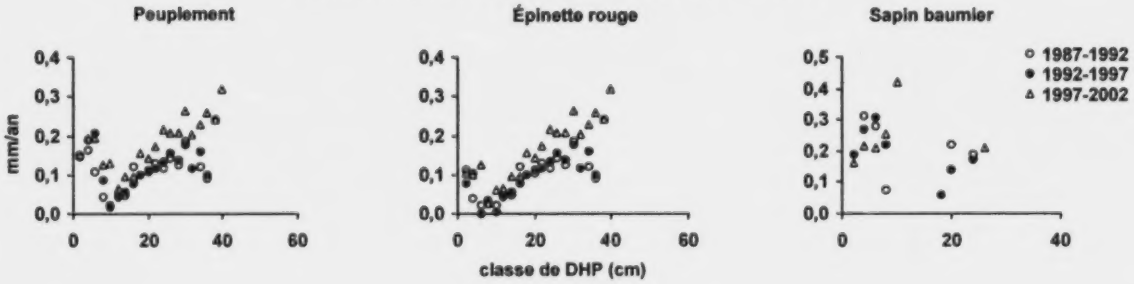


Place 1203 - N.-D. DU ROSAIRE

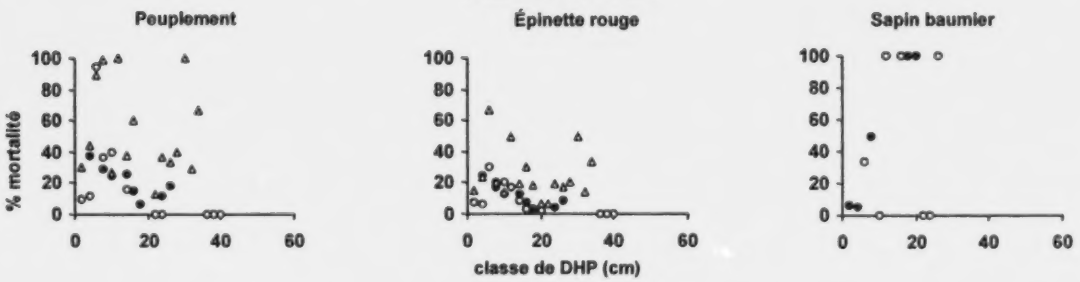
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une pessière rouge inéquienne de structure irrégulière dont l'âge moyen en 1987 était de 79 ans. C'est la station résineuse du RÉSEF la moins dense. Lors du quatrième remesurage c'était la station résineuse du RÉSEF qui avait le moins de tiges marchandes et, au contraire, l'une des deux stations résineuses qui présentait le plus de gaulis. Il y a eu une explosion du nombre de gaules de sapin baumier en quinze ans passant de 112 à 2 114 individus/ha de 1987 à 2002. Dans ce peuplement, altéré par trois perturbations successives (1977, 1980 et 1985), on note la présence de très nombreux arbres cassés, aussi bien des épinettes rouges que des sapins baumiers. L'accroissement annuel périodique en volume de l'épinette rouge diminue au cours du temps, pour devenir négatif dans les derniers cinq ans de la période de quinze ans étudiée. Il en est de même pour l'accroissement annuel périodique en surface terrière. Cette station a subi un chablis partiel entre 1997 et 2002. C'est la station résineuse du RÉSEF la plus riche par rapport à la diversité des essences ligneuses arborescentes.

Place 104 - CAUSAPSCAL

Code cartographique SE-C-3-A-II-1a
Altitude : 465 m
Localisation : 48° 21' 43" N.; 67° 00' 52" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor

Structure et composition du peuplement

Tiges marchandes

	Peuplement			Sapin baumier			Épinette blanche		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	1760	36,83	15,5 ± 5,1	1304	27,31	15,7 ± 4,7	152	5,47	20,2 ± 7,3
1994	1136	28,81	16,9 ± 6,2	720	19,59	17,7 ± 5,7	100	4,96	24,3 ± 6,5
1999	1044	28,92	17,6 ± 6,6	652	19,69	18,7 ± 6,0	84	4,89	26,6 ± 6,1
2004	980	29,21	18,3 ± 6,8	604	20,00	19,6 ± 6,0	80	5,10	27,9 ± 6,1

Gaules

	Peuplement			Sapin baumier			Épinette blanche		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	628	2,31	6,6 ± 1,7	264	0,90	6,3 ± 1,8	12	0,05	7,2 ± 1,5
1994	388	1,35	6,4 ± 2,0	148	0,39	5,3 ± 2,2	12	0,05	7,2 ± 1,4
1999	296	0,96	6,1 ± 2,2	108	0,23	4,7 ± 2,2	8	0,04	8,4 ± 0,4
2004	596	0,75	3,2 ± 2,4	460	0,29	2,4 ± 1,6	4	0,02	8,3 ±

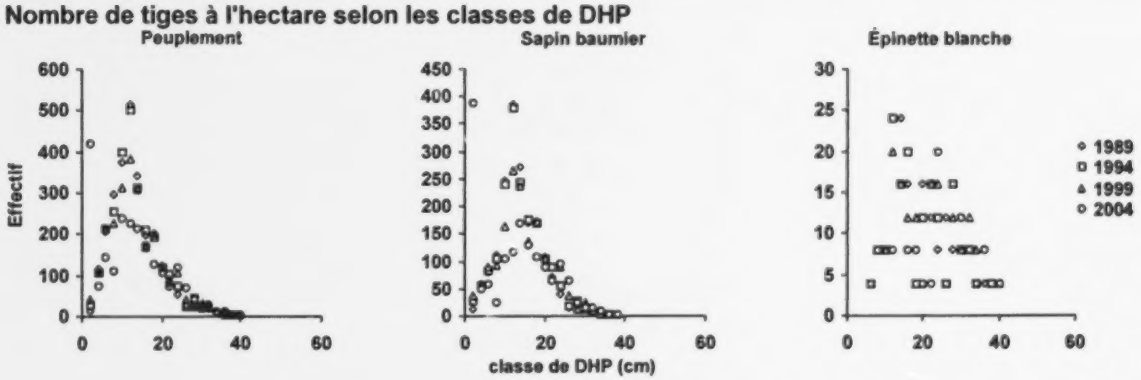
Régénération haute

	AME	BOP	ERE	ERR	ERS	PRP	SAB	SOA
1989			24			8	32	8
1994	8	4	4			80	16	
1999	4	40	20			68	128	52
2004		44	16	4	4	24	1432	120

Régénération basse

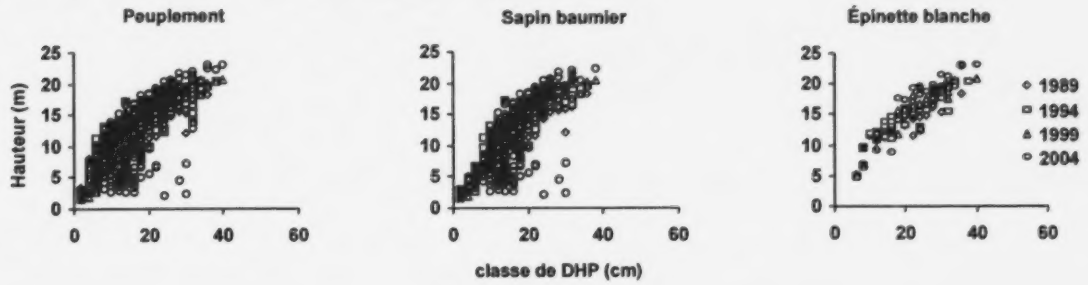
	AME	BOP	EPB	ERE	PRP	SAB	SOA
1989		1	1	7	1	11,1	1,6
1994	1	2	1	4,6	1,7	19	2,2
1999	1	3,5	1	8	1	49	2,6
2004		1	1	3,2	1	35	1,5

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

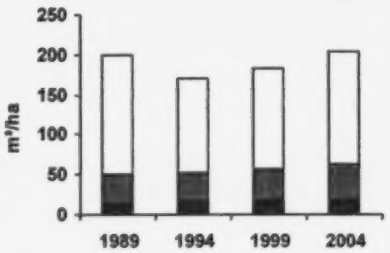


Place 104 - CAUSAPSCAL

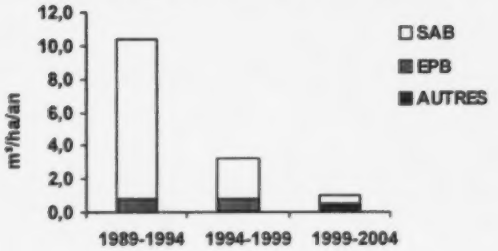
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



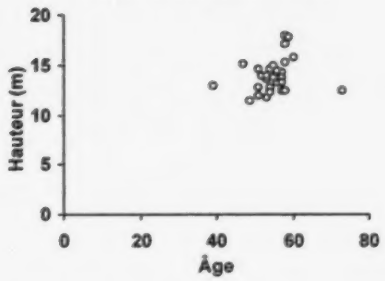
Volume marchand vivant



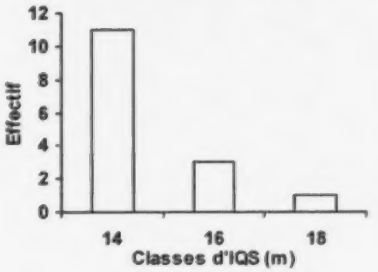
Mortalité annuelle périodique



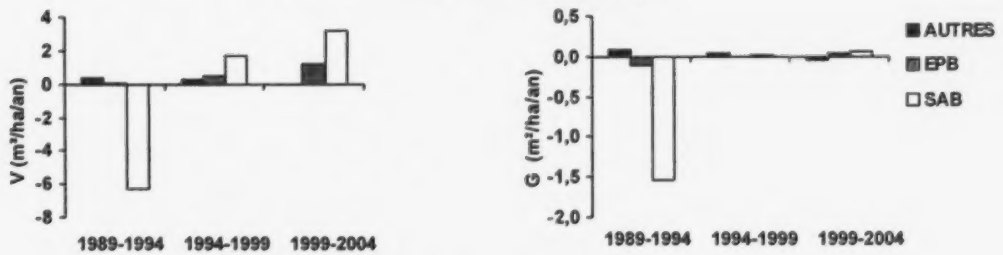
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



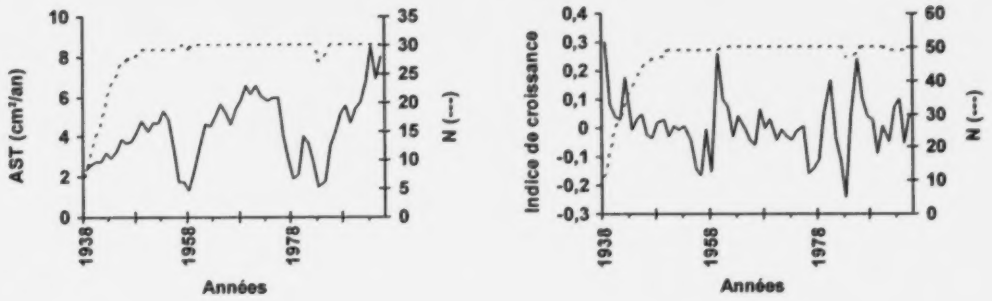
Accroissement annuel périodique



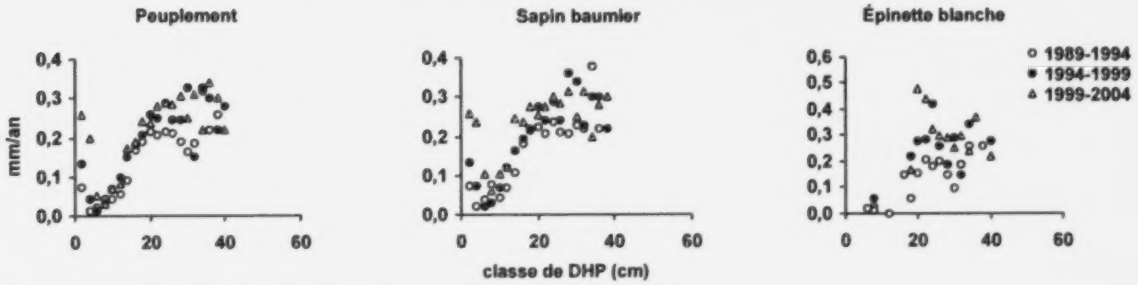
Place 104 - CAUSAPSCAL

Dynamique du peuplement

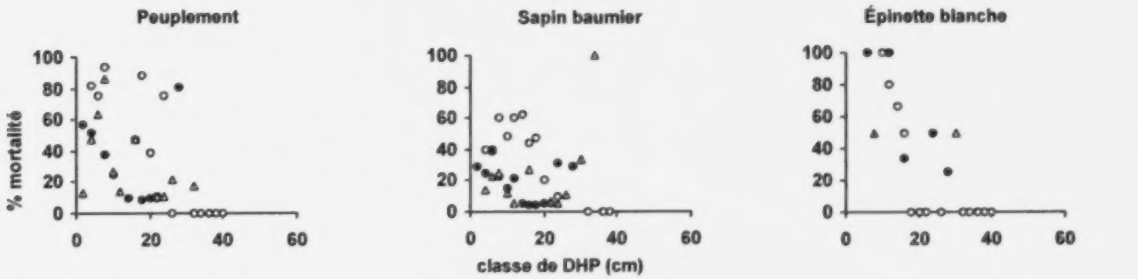
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une jeune sapinière, équienne, de structure diamétrale régulière, d'un âge moyen de 55 ans (en 1989) et de densité moyenne à forte (ρ = 0,68 en 1989; ρ = 0,52 en 2004). L'IQS moyen de la station est de 14 m à 50 ans. La majorité des tiges sont des tiges dont le diamètre varie entre 11,1 et 13 cm. En quinze ans, le nombre de tiges marchandes dans le peuplement a baissé de 44 %, passant de 1 760 à 980 tiges/ha. Cela s'est traduit par une baisse de 21 % de la surface terrière du peuplement malgré une augmentation du DHP moyen des tiges (en moyenne 2,6 mm par an pour le SAB et 5,1 mm par an pour l'épinette blanche). Un important verglas survenu durant l'hiver 1993 a perturbé la dynamique de cette station en provoquant une ouverture du couvert par la mort des arbres les plus touchés. Le nombre de recrues de sapin baumier (plus de 1,3 m de hauteur mais moins de 1,1 cm de diamètre au DHP) est passé de 16 en 1994 à 1 432 en 2004.

Place 303 - LAC LAFLAMME

Code cartographique SS-A-3-A-II-1a
Altitude : 790 m
Localisation : 47° 19' 41" N.; 71° 07' 37" O.
Type de sol : Podzol ferro-humique orthique
Type d'humus Mor

Tiges marchandes

	Peuplement			Sapin baumier			Bouleau à papier		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1998	2124	37,16	14,5 ± 3,7	1796	32,69	14,8 ± 3,6	248	2,59	11,4 ± 1,6
2003	2164	42,20	15,2 ± 4,1	1820	37,25	15,6 ± 4,1	264	2,82	11,5 ± 1,7

Gaules

	Peuplement			Sapin baumier			Bouleau à papier		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1998	3472	7,10	4,6 ± 2,2	2576	4,30	4,1 ± 2,2	844	2,65	6,1 ± 1,5
2003	2456	5,11	4,6 ± 2,3	1856	2,95	4,0 ± 2,1	556	2,01	6,6 ± 1,5

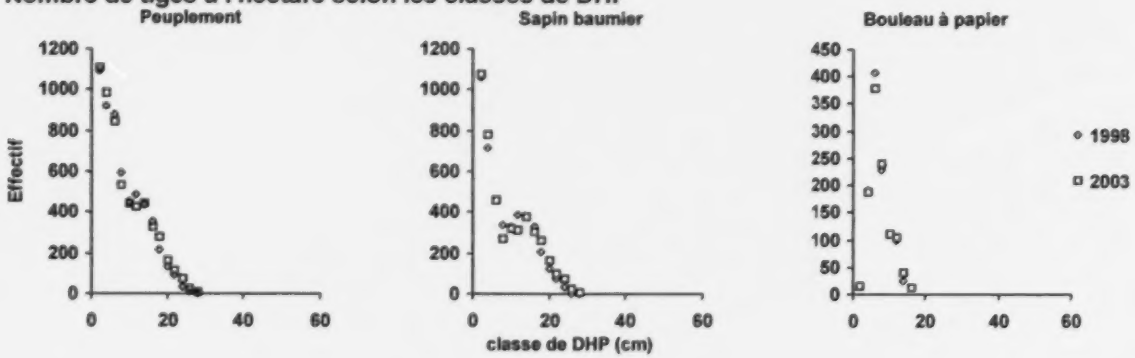
Régénération haute

	EPB	SAB
1998	8	932

Régénération basse

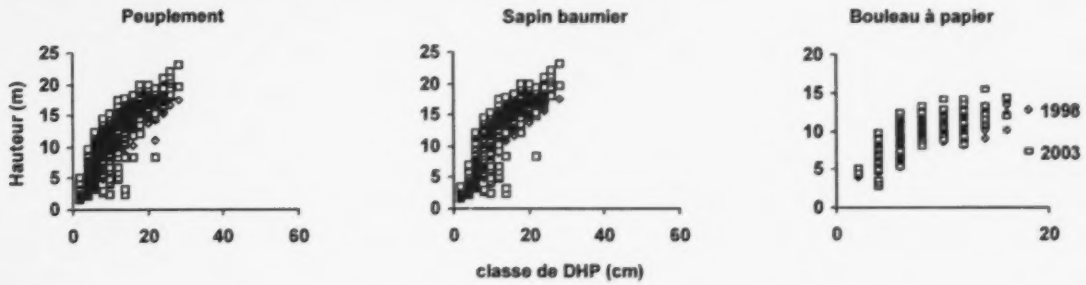
	BOP	EPB	SAB
1998	1	1	23

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

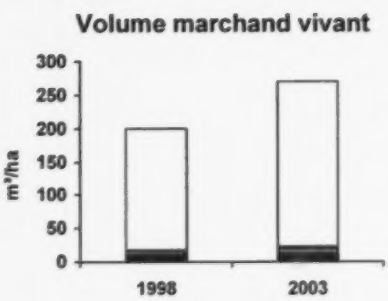


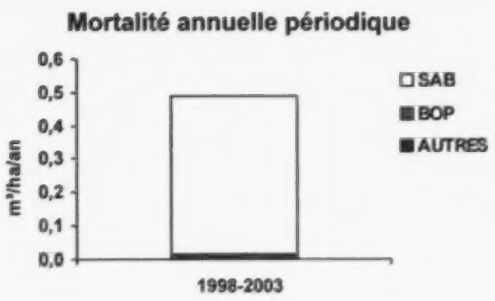
Place 303 - LAC LAFLAMME

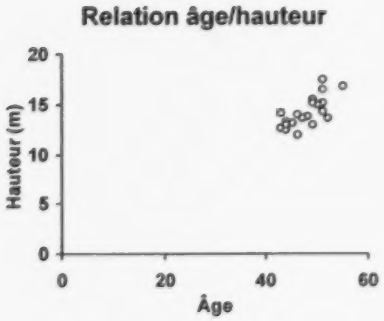
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence

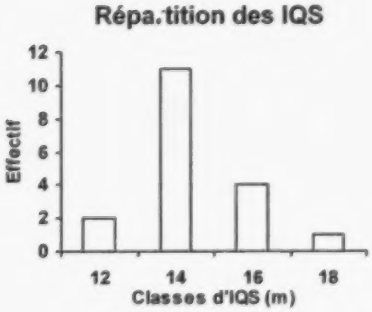


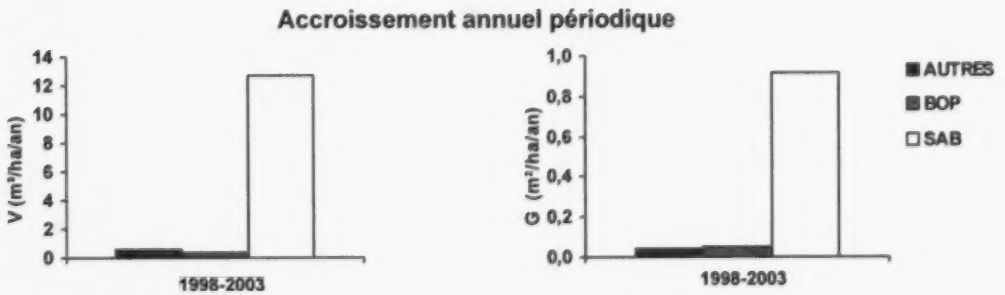
Productivité du peuplement





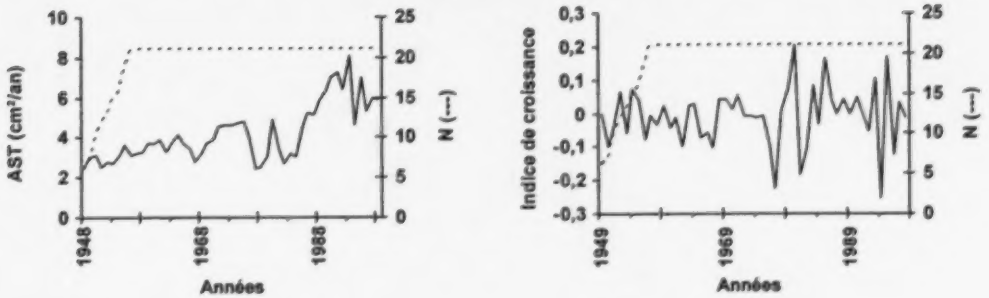




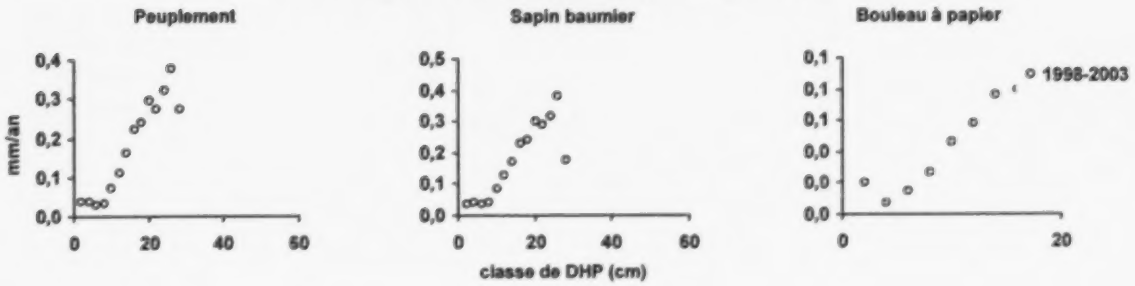


Place 303 - LAC LAFLAMME

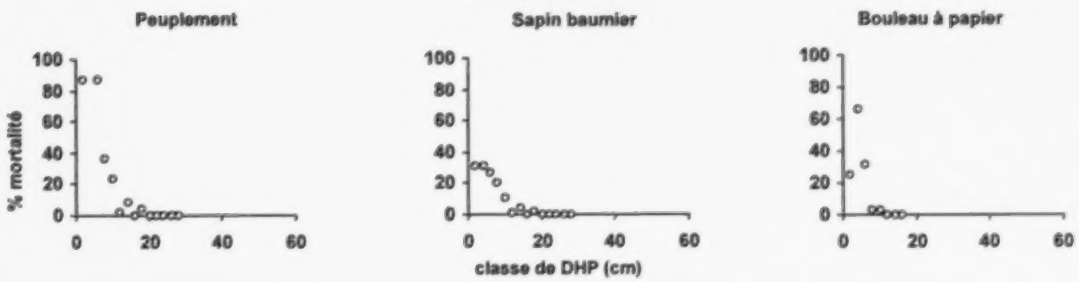
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité

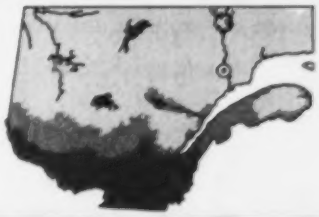


Commentaires :

Il s'agit d'une jeune sapinière inéquienne, de structure diamétrale en « J inversé », d'un âge moyen de 48 ans (en 1998) et de faible densité (ρ = 0,32). Le peuplement présente une très bonne croissance puisque c'est la sapinière dont l'acroissement annuel périodique en volume (7 m³/ha/an) est le plus important parmi toutes les sapinières du RÉSEF et également de tous les peuplements résineux du réseau. Il a aussi le meilleur accroissement annuel périodique en surface terrière (0,5 m²/ha/an) des quatre sapinières du RÉSEF. C'est la station du RÉSEF qui présente le moins de diversité en essences ligneuses puisque seulement quatre y ont été recensées.

Place 901 - MICOUA

Code cartographique SE-B-3-A-II-2be
Altitude : 190 m
Localisation : 49° 45' 00" N.; 68° 41' 12" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor



Tiges marchandes

	Peuplement			Sapin baumier			Épinette blanche		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	972	21,23	15,5 ± 6,1	756	14,92	15,0 ± 5,2	152	5,48	19,6 ± 8,8
1994	900	20,60	16,0 ± 6,0	664	13,55	15,3 ± 5,1	164	5,97	19,9 ± 8,4
1999	912	22,70	16,8 ± 5,9	664	15,19	16,3 ± 5,0	172	6,38	20,1 ± 8,3
2004	944	26,26	17,7 ± 6,4	688	17,54	17,1 ± 5,5	176	7,39	21,5 ± 8,7

Gaules

	Peuplement			Sapin baumier			Épinette blanche		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1989	1260	2,72	4,6 ± 2,5	692	2,00	5,7 ± 2,0	180	0,46	5,2 ± 2,3
1994	1304	2,23	4,0 ± 2,4	504	1,48	5,8 ± 2,0	148	0,38	5,2 ± 2,2
1999	1324	2,07	3,7 ± 2,4	532	1,35	5,1 ± 2,6	124	0,32	5,3 ± 2,2
2004	1696	1,83	3,1 ± 2,1	904	1,19	3,4 ± 2,4	92	0,22	5,2 ± 2,1

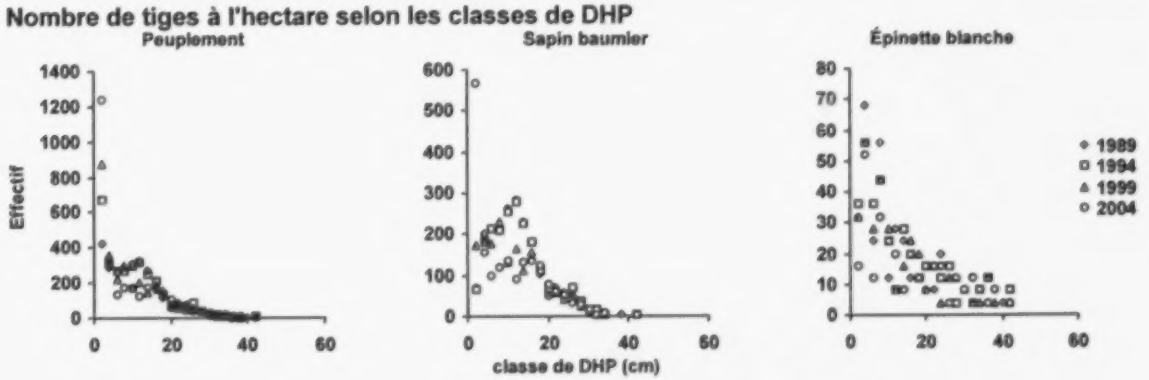
Régénération haute

	AME	BOP	EPB	ERE	ERP	ERR	PRP	PRU	SAB	SOA	THO
1989			4	364	4				12	44	
1994	8	28	4	848				4	68	320	4
1999		100	16	508					396	308	
2004		60	8	388		4	12		2108	224	

Régénération basse

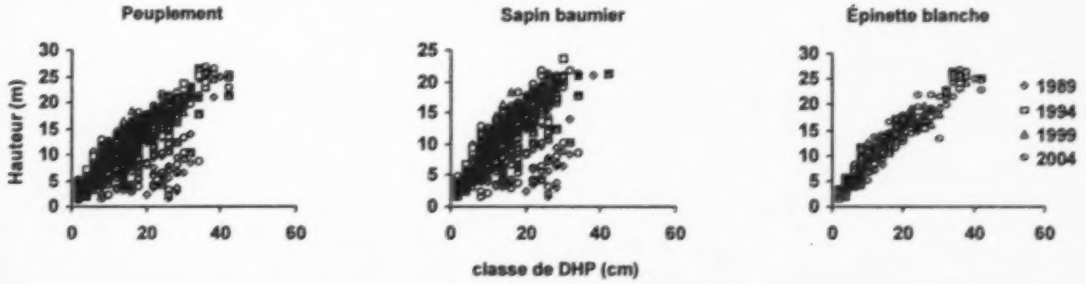
	AME	BOP	EPB	EPN	ERE	PRP	SAB	SAL	SOA
1989		7	9		9,5		17		2,1
1994	1	2	1	1	1,6		20		1
1999		7,5	1	1	4,5		33		1
2004		5,4	1	1	4,8	1	30	1	1

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP

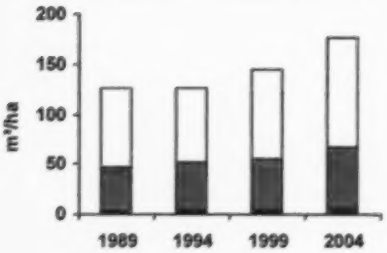


Place 901 - MICOUA

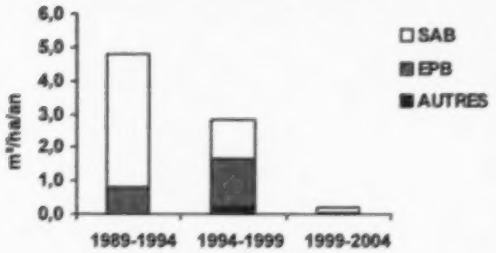
Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence



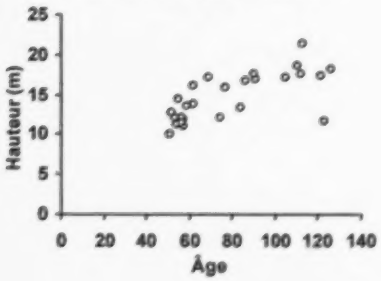
Volume marchand vivant



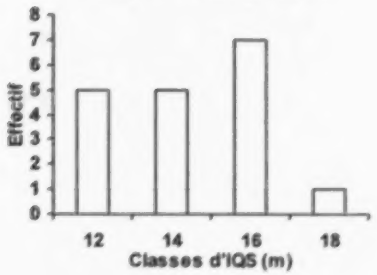
Mortalité annuelle périodique



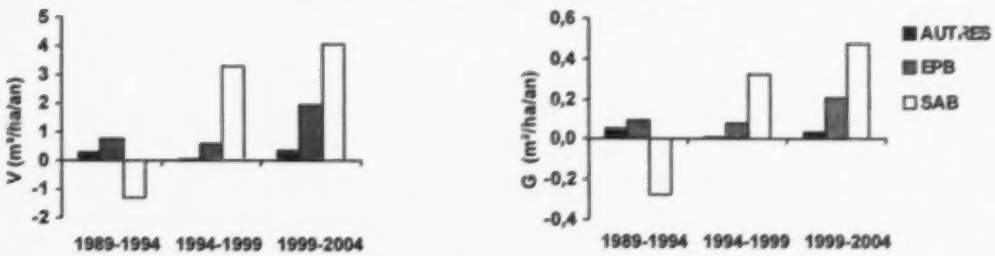
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



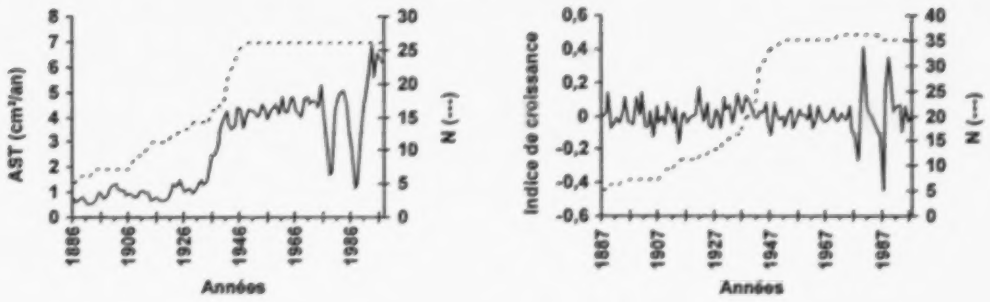
Accroissement annuel périodique



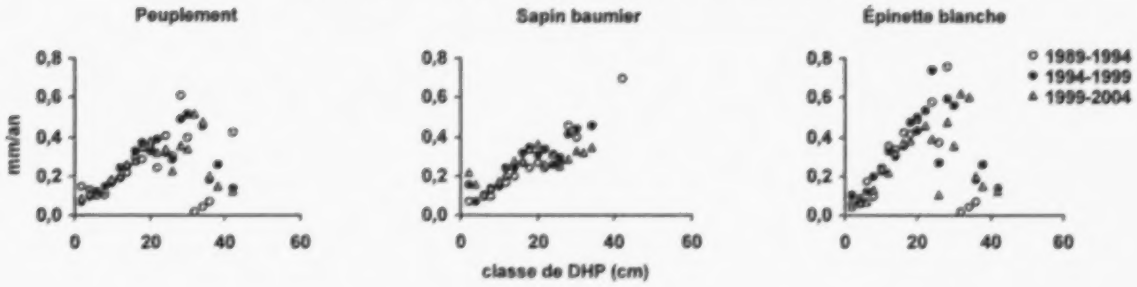
Place 901 - MICOUA

Dynamique du peuplement

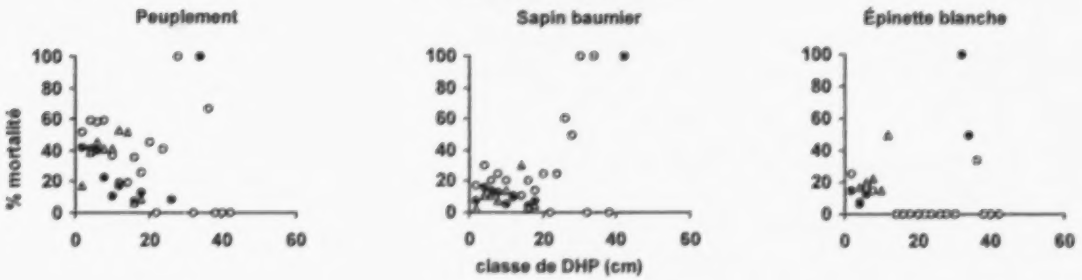
Dendrochronologie



Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une sapinière inéquienne, de structure diamétrale irrégulière en « J inversé », dont l'âge moyen en 1989 était de 79 ans et de faible densité. C'est un peuplement en croissance avec une augmentation moyenne en diamètre de 1 mm par an et un gain en surface terrière en quinze ans d'environ 24 %. Le sous-bois est dominé par le sapin baumier dont le nombre d'individus a explosé en quinze ans (de 12 en 1989 il est passé à 2 108 en 2004) , notamment entre 1999 et 2004. Dans les années 1980, une épidémie de tordeuse de bourgeons de l'épinette a compromis la croissance de ce peuplement. De nombreux arbres ont été touchés par cet insecte et il s'agissait essentiellement du sapin baumier. De nombreux individus sont morts, d'autres ont été partiellement ou entièrement étêtés. Cette station est la station du RÉSEF qui présente le plus haut taux de mortalité (près de 25 m³/ha/an entre 1989 et 1994 pour le sapin baumier). Cependant ce peuplement est en cours de récupération puisque les accroissements annuel périodiques autant en volume qu'en surface terrière de négatifs entre 1989 et 1994 deviennent positifs entre 1994 et 2004. C'est la station résineuse du RÉSEF où il y a eu, pendant la période d'observation, accumulation du plus grand volume de bois mort (39 m³).C'est l'un des deux peuplements résineux du RÉSEF le plus riche eu égard à la de diversité des essences ligneuses et ceci peut s'expliquer par l'ouverture du couvert provoqué par le passage de la tordeuse de bourgeons de l'épinette.

Place 1101 - GASPÉSIE

Code cartographique SE-A-3-B-II-1a
Altitude : 585 m
Localisation : 48° 56' 11" N.; 66° 03' 00" O.
Type de sol : Podzol humo-ferrique orthique
Type d'humus Mor

Tiges marchandes

	Peuplement			Sapin baumier			Épinette blanche		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1990	2680	40,52	13,5 ± 3,1	2384	35,88	13,5 ± 3,0	172	3,31	15,1 ± 4,1
1995	2148	37,18	14,5 ± 3,2	1848	32,12	14,6 ± 3,0	152	3,40	16,4 ± 4,1
2000	2020	38,72	15,2 ± 3,5	1704	33,03	15,4 ± 3,2	152	3,76	17,2 ± 4,3

Gaules

	Peuplement			Sapin baumier			Épinette blanche		
	N	G	DHP	N	G	DHP	N	G	DHP
1990	1324	3,97	5,8 ± 2,2	672	2,20	6,0 ± 2,3	204	0,42	4,5 ± 2,5
1995	764	2,08	5,4 ± 2,4	192	0,50	5,1 ± 2,7	132	0,26	4,2 ± 2,6
2000	540	1,52	5,5 ± 2,4	72	0,18	4,9 ± 2,8	84	0,15	4,2 ± 2,4

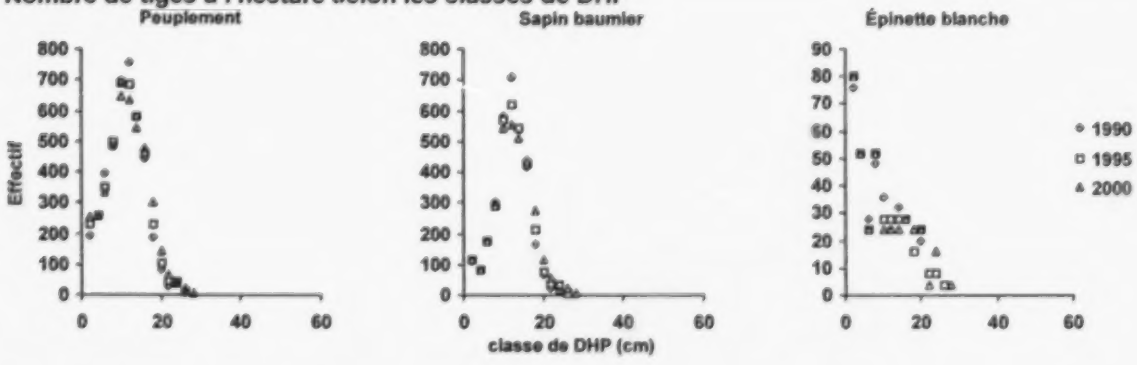
Régénération haute

	AME	BOP	EPB	ERE	PRP	SAB	SOA
1990		24	64		4	132	16
1995	296	20	24	16		52	20
2000	356	16	20	12		28	32

Régénération basse

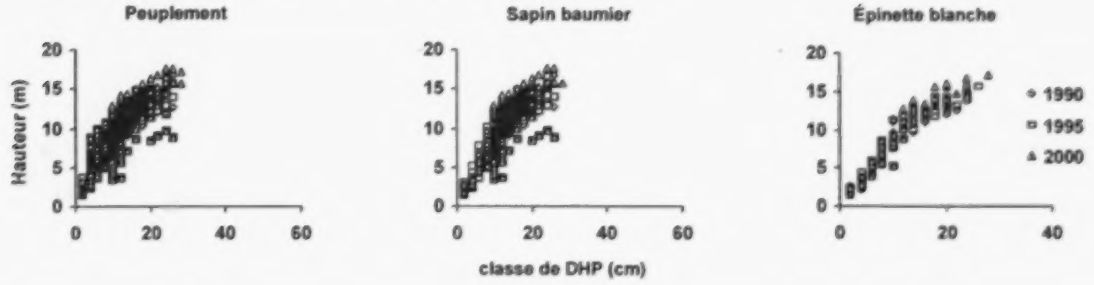
	AME	BOP	EPB	ERE	SAB	SOA
1990		7,7	8,2	5,8	13	3,9
1995	8	5,8	3,9	5	13	3,9
2000	2,6	8,2	1	1	18	4,8

Nombre de tiges à l'hectare selon les classes de DHP



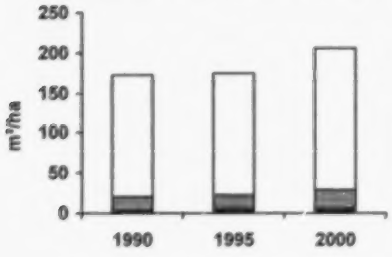
Place 1101 - GASPÉSIE

Relation diamètre-hauteur en fonction du type d'essence

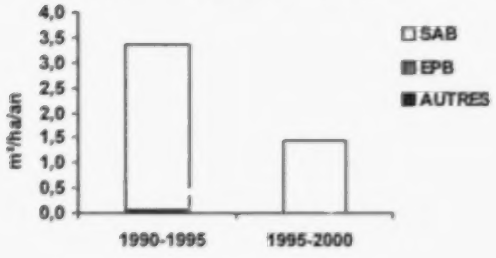


Productivité du peuplement

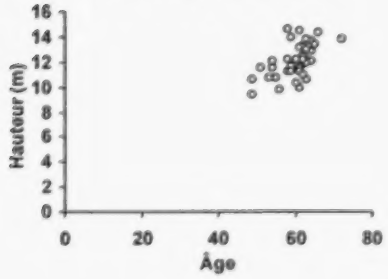
Volume marchand vivant



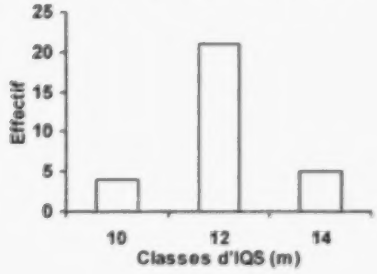
Mortalité annuelle périodique



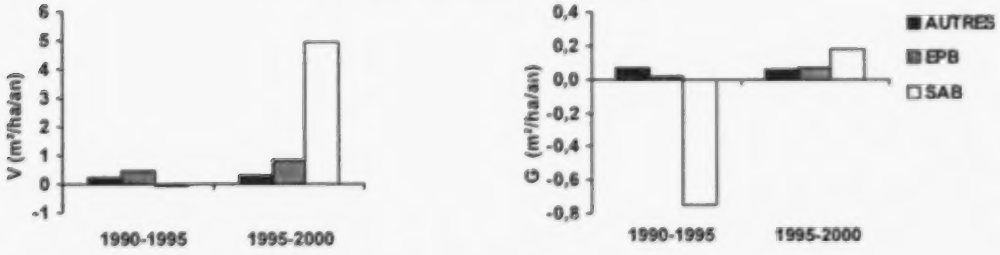
Relation âge/hauteur



Répartition des IQS



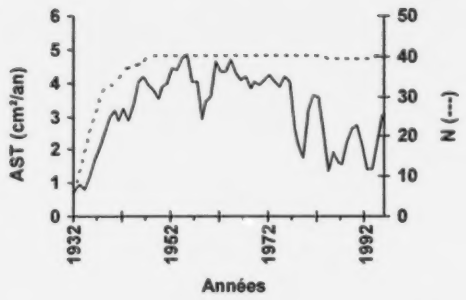
Accroissement annuel périodique

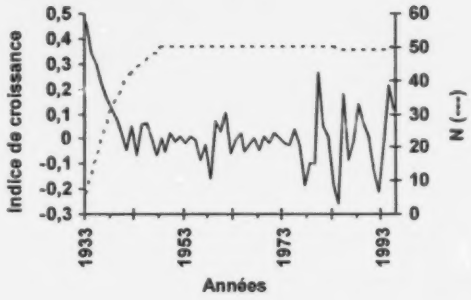


Place 1101 - GASPÉSIE

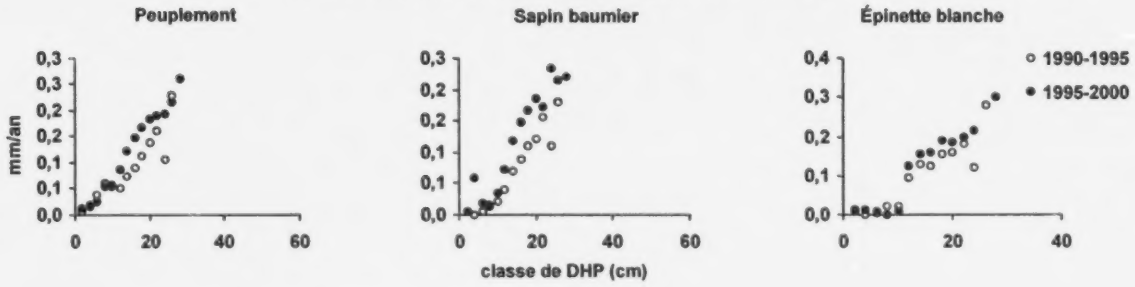
Dynamique du peuplement

Dendrochronologie

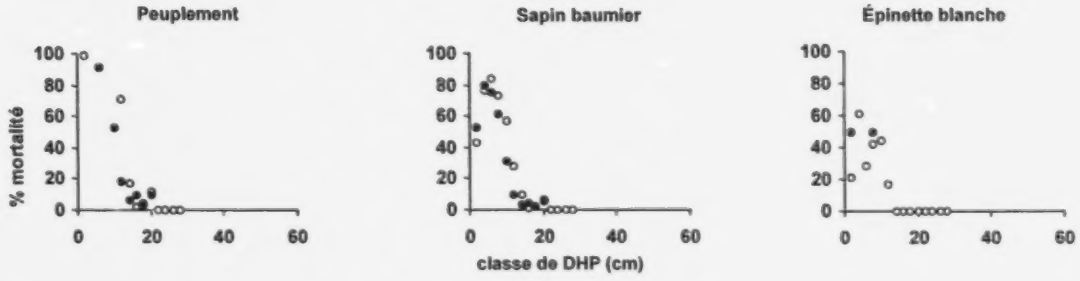




Accroissement annuel périodique en diamètre



Taux de mortalité



Commentaires :

Il s'agit d'une sapinière inéquienne de structure diamétrale régulière dont l'âge moyen en 1990 était de 60 ans. Entre 1990 et 1995 est survenue une perturbation majeure qui a modifié le portrait du peuplement. L'un des symptômes du passage de cette perturbation est la présence d'arbres cassés. Quarante-trois pour cent des gaules ont disparu entre 1990 et 1995. Le sous-bois s'est soudainement enrichi en essences intolérantes à l'ombre; en cinq ans, le nombre d'amélanchier est passé de 0 à plus de 300 tiges/ha. Le peuplement est en cours de récupération puisque l'accroissement annuel périodique en volume du sapin baumier (essence principale qui occupe plus de 75 % du couvert), de quasiment nul entre 1990 et 1995, avoisine les 5 m³/ha/an entre 1995 et 2000. L'accroissement annuel périodique en surface terrière quant à lui de négatif (-0,75 m²/ha/an) devient positif (0,2 m²/ha/an) pendant la deuxième période de la décennie. L'accroissement annuel périodique en diamètre des tiges marchandes observé pendant la deuxième partie de la décennie est toujours supérieur à celui observé pendant la première partie de la décennie. À cause de l'ouverture du couvert forestier à la suite de la perturbation, de nombreuses essences pionnières ont pu s'installer dans le sous-bois augmentant ainsi la richesse de ce peuplement en espèces arborescentes.

Annexe 2

Liste des essences potentiellement arborescentes recensées dans le RÉSEF

Code d'essence	Nom français	Nom latin	Essence commerciale
AME	Amélanchiers	*Amelancier* sp. ?	
AUR	Aulne rugueux	*Alnus rugosa*	
BOJ	Bouleau jaune	*Betula alleghaniensis (lutea)*	√
BOP	Bouleau à papier	*Betula papyrifera*	√
CAC	Caryer cordiforme	*Carya cordiformis*	√
CET	Cerisier tardif	*Prunus serotina*	√
CHR	Chêne rouge	*Quercus rubra*	√
EPB	Épinette blanche	*Picea glauca*	√
EPN	Épinette noire	*Picea mariana*	√
EPR	Épinette rouge	*Picea rubens*	√
ERE	Érable à épis	*Acer spicatum*	
ERP	Érable de Pennsylvanie	*Acer pensylvanicum*	
ERR	Érable rouge	*Acer rubrum*	√
ERS	Érable à sucre	*Acer saccharum*	√
FRA	Frêne d'Amérique	*Fraxinus americana*	√
FRN	Frêne noir	*Fraxinus nigra*	√
HEG	Hêtre à grandes feuilles	*Fagus grandifolia*	√
MEL	Mélèze laricin	*Larix laricina*	√
NOC	Noyer cendré	*Juglans cinerea*	√
ORA	Orme d'Amérique	*Ulmus americana*	√
ORR	Orme rouge	*Ulmus rubra*	√
OSV	Ostryer de Virginie	*Ostrya virginiana*	√
PEB	Peuplier baumier	*Populus balsamifera*	√
PEG	Peuplier à grandes dents	*Populus grandidentata*	√
PET	Peuplier faux-tremble	*Populus tremuloides*	√
PIB	Pin blanc	*Pinus strobus*	√
PIG	Pin gris	*Pinus banksiana*	√
PRP	Cerisier de Pennsylvanie	*Prunus pensylvanica*	
PRU	Pruche du Canada	*Tsuga canadensis*	√
PRV	Cerisier de Virginie	*Prunus virginiana*	
SAB	Sapin baumier	*Abies balsamea*	√
SAL	Saule	*Salix* sp.	
SOA	Sorbier d'Amérique	*Sorbus americana*	
THO	Thuya occidental	*Thuja occidentalis*	√
TIL	Tilleul d'Amérique	*Tilia americana*	√

Annexe 3

Calcul de l'indice de représentativité R pour l'espèce i

$$R_i = \frac{\left(\frac{freq_i}{\sum_{i=1}^{n} freq_i} * 100\right) + \left(\frac{densite_i}{\sum_{i=1}^{n} densite_i} * 100\right) + \left(\frac{couvert_i}{\sum_{i=1}^{n} couvert_i} * 100\right)}{3} \qquad i = 1,\ldots,n$$

où

$$freq_i = \frac{nbstation_i}{S} * 100$$

$nbstation_i$ = nombre de stations où l'espèce i est présente

S = nombre total de stations

$$densite_i = \frac{\sum_{j=1}^{s} nbtiges_j}{Sup_Totale} * 100$$

$nbtiges_j$ = nombre de tiges de l'espèce i dans la station j

Sup_Totale = superficie totale échantillonnée

$$couvert_i = \frac{\sum_{j=1}^{s} G_j}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{s} G_j} * 100$$

G_j = surface terrière de l'espèce i dans la station j

Annexe 4

Signification des codes utilisés pour définir la variable appelée « code cartographique » dans les fiches individuelles.

Les variables sont listées dans l'ordre dans lequel elles apparaissent dans le code cartographique situé en haut des fiches de synthèse.

Variable	Code	Signification
Groupements d'essences	Bj+R	Bétulaie jaune à résineux
	EE	Pessière à épinette
	EPg	Pessière à pin gris
	Er	Érablière
	ErFi	Érablière à feuillus tolérants
	ErFt	Érablière à feuillus tolérants
	SBb	Sapinière à bouleau blanc
	SE	Sapinière à épinette
	SS	Sapinière à sapin
Classe de densité	A	Peuplement où le pourcentage de couvert est supérieur à 80 %
	B	Peuplement où le pourcentage de couvert est de 61 à 80 %
	C	Peuplement où le pourcentage de couvert est de 41 à 60 %
	D	Peuplement où le pourcentage de couvert est de 25 à 40 %
Classe de hauteur	1	La hauteur moyenne des dominants et des codominants est supérieure à 22 m
	2	La hauteur moyenne des dominants et des codominants est comprise entre 17 et 22 m
	3	La hauteur moyenne des dominants et des codominants est comprise entre 12 et 17 m
	4	La hauteur moyenne des dominants et des codominants est comprise entre 7 et 12 m
	5	La hauteur moyenne des dominants et des codominants est comprise entre 4 et 7 m
	6	La hauteur moyenne des tiges se situe entre 1,5 et 4 m
Classe de pente	A	Moins de 5 % de pente
	B	5 % de pente
Classe de drainage	II	Bon
	IV	Imparfait
Classe de dépôt	1a	Till indifférencié de plus de 1 m d'épaisseur
	1ay	Till indifférencié d'épaisseur comprise entre 0,5 et 1 m
	2a	Dépôts juxtaglaciaires
	2ak	Kame
	2be	Dépôts proglaciaires d'épandage
	3an	Dépôts alluviaux anciens
	4ga	Dépôts glaciolacustres

Depuis la fin des années 80, le Ministère des Ressources naturelles et de la Faune a progressivement installé le réseau d'étude et de surveillance des écosystèmes forestiers (RÉSEF). Trente et une stations sont actuellement en opération, et elles sont réparties dans cinq des huit domaines écologiques forestiers du Québec. Les observations, effectuées de façon régulière dans chacune des stations du réseau, ont comme objectif de caractériser les composantes sol-végétation-atmosphère des écosystèmes, de suivre leur évolution et de documenter les liens fonctionnels qui existent entre elles. Ce mémoire illustre jusqu'à vingt ans de suivi des caractéristiques dendrométriques des stations du RÉSEF.

Ressources naturelles et Faune
Québec

Le papier de ce Mémoire de recherche forestière est fabriqué à 100 % avec des fibres recyclées.

Québec

Note de recherche forestière n° 96

Établissement d'indicateurs d'aménagement forestier durable dans l'aire commune 32-02 : portrait de la richesse floristique

Hélène D'Avignon [1], Catherine Périé [1], Vincent Gerardin [2] et Rock Ouimet [3]

F.D.C. 187+624(047.3)(714)
L.C. 387.S87

Résumé

L'objet de l'étude consiste à livrer un portrait de la richesse floristique du territoire de l'aire commune 32-02 à partir d'un recensement non exhaustif d'espèces. Pour ce faire, nous avons compilé 388 points d'observation écologiques qui proviennent de la banque de données du ministère des Ressources naturelles. Deux portraits ont été dressés ; l'un pour l'ensemble du territoire et l'autre par type de végétation. Le premier révèle une richesse taxonomique de 98 vasculaires et de 18 invasculaires tericoles, des genres principalement. La richesse par strate (ou étage) de végétation — arborescente, jeune arbre, arbustive, herbacée et muscinale — s'élève respectivement à 11, 9, 30, 57 et 18 espèces. Dix-huit espèces n'ont été observées qu'une seule fois (« singletons »). Les deux types les plus riches en espèces sont deux sapinières à bouleau blanc — celle à oxalide et sa variante à oxalide et à dryoptéride — dans lesquels 70 espèces ont été recensées. Parmi les 28 types de végétation décrits dans le territoire, certains sont sous-échantillonnés. Comme le nombre d'espèces tend à augmenter avec la surface prospectée (représentée ici par le nombre de P.O.), on devra modéliser cette relation si on veut comparer la richesse des types de végétation entre eux. Le portrait de la richesse floristique dressé à partir du recensement non exhaustif est satisfaisant en ce qui a trait à la flore vasculaire, pour constituer 20 % de tout ce qui a été répertorié jusqu'à ce jour dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc. Quant au portrait de la flore invasculaire (strate muscinale), il est composé de trop peu d'espèces pour qu'il soit jugé satisfaisant. Par ailleurs, les types de végétation brossent un portrait satisfaisant de la variété des écosystèmes forestiers susceptible d'être rencontrée sur le territoire de l'aire commune. Cette variété, pour autant qu'elle soit maintenue, préservera par le fait même toute la variété d'espèces dont elle est constituée.

Mots-clés : diversité végétale, richesse floristique, types de végétation, diversité d'écosystèmes forestiers.

Abstract

On designing indicators of sustainable forest management in the 32-02 "common area": a portrait of floristic richness. *This study is aimed at giving a portrait of the floristic richness of the 32-02 management unit ("common area") through a non-exhaustive species census. To that end, 388 ecological observation points (P.O.) from the Ministère des Ressources naturelles' data bank were compiled. Two portraits are given : one for the whole territory and another, by vegetation types. The former reveals a taxonomic richness of 98 vascular and 18 non-vascular tericolous taxa, mostly genera. Richness by vegetation strata (or levels) — trees, young trees, shrubs, herbs and mosses — stands respectively at 11, 9, 30, 57 and 18 species. Eighteen species were observed only once ("singletons"). The two richest types for species are two white birch-fir stands — the Oxalis type and its Oxalis-Dryopteris variant — where 70 species were recorded. Among the 28 vegetation types described for the territory, some have been under-sampled. As the number of species tends to increase with the area sampled (as shown here by the number of P.O.), this relation will have to be modelled if richness by vegetation types need to be compared. The portrait of floristic richness, as obtained from the non-exhaustive census, is satisfactory as far as the vascular flora is concerned, showing 20 % of the taxa that have been recorded up to now in the white birch-fir domain. As for the portrait of the invascular flora (moss strata), its displays too few species to be considered satisfactory. On the other hand, vegetation types give a satisfactory portrait of the variety of forest ecosystems that can be found on the territory of the management unit. This variety, if it can be maintained, should protect the vegetation richness that constitutes it.*

Key words : plant diversity, floristic richness, vegetation types, forest ecosystem diversity.

[1] Scierie Leduc, division de Daishowa inc. ; [2] Direction de la conservation et du patrimoine écologique, min. de l'Environnement et de la Faune ; [3] Direction de la recherche forestière, **Forêt Québec**.

Direction de la recherche forestière
2700, rue Einstein
Sainte-Foy (Québec) G1P 3W8 Canada

Téléphone : (418) 643-7994
Télécopieur : (418) 643-2165
Courriel : rech.for@mrn.gouv.qc.ca

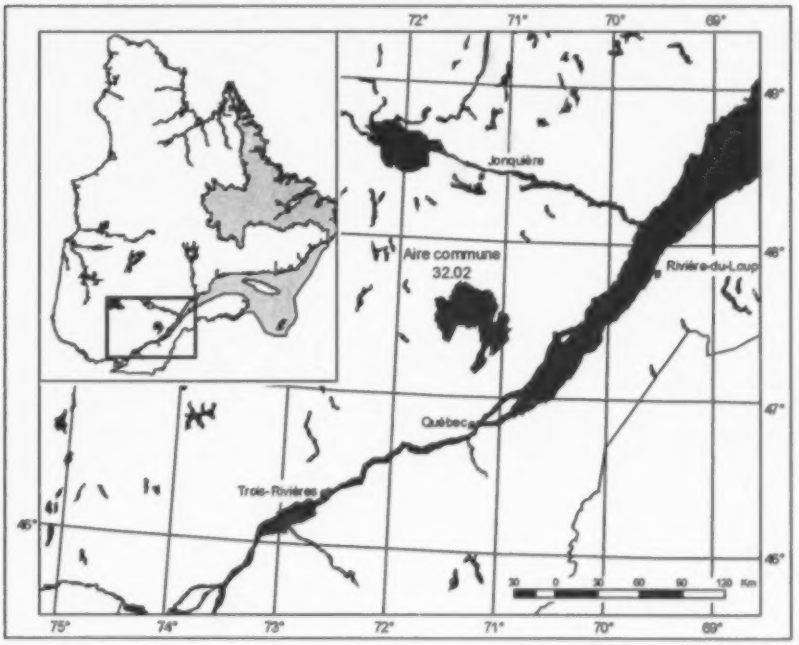


Figure 1. Localisation de l'aire commune 32-02.

Introduction

La gestion des forêts du Québec se fait à l'échelle du peuplement (au sens de Young et Giese 1990) et à celle du paysage (perçu comme une mosaïque de peuplements) à l'intérieur d'une région donnée. Si on veut étudier la biodiversité à ces deux échelles, il faut reconnaître la nécessité de considérer le peuplement et la mosaïque de peuplements comme deux échelles de perception du même écosystème « forêt ».

La diversité végétale du paysage forestier que constitue la mosaïque de peuplements du territoire de l'aire commune 32-02 a été étudiée sous l'angle de sa diversité d'essences, de classes d'âge et de classes de drainage, et de son hétérogénéité spatiale (Levesque *et al.*, en préparation). Un portrait de la mosaïque des peuplements a été dressé à partir de données cartographiques puis a été comparé à celui de la forêt primitive de ce territoire reconstituée par Leblanc (1998). Étant donné que la biodiversité est en partie liée aux caractéristiques du peuplement lui-même, sa quantité de biomasse et la complexité de sa structure notamment, nous en avons examiné une, la richesse taxonomique, en utilisant les données de l'inventaire écoforestier du ministère des Ressources naturelles (MRN). L'objet de cette note est de présenter un portrait de la variété des peuplements (représentés par les types de végétation) et de leur richesse taxonomique qu'on a tiré du recensement non exhaustif d'espèces végétales dans le territoire de l'aire commune. Il s'agit donc d'un portrait partiel. Cette étude s'inscrit dans un plus large projet qui vise à expérimenter une méthode de suivi de quelques indicateurs d'aménagement forestier durable sur une base opérationnelle pour l'aire commune 32-02.

Territoire à l'étude

L'aire commune 32-02, qui couvre un territoire d'environ 1360 km² au nord de la ville de Québec dans la réserve faunique des Laurentides (RFL), est située entre les latitudes 47°08'N et 47°45'N et les longitudes 70°55'O et 71°40'O (figure 1). C'est un territoire public présentement sous contrat d'approvisionnement et d'aménagement forestier (CAAF) avec la compagnie Scierie Leduc, division de Daishowa inc. Du point de vue physiographique, la RFL est l'une des portions les plus accidentées de la longue « chaîne » des Laurentides (à proprement parler, le rebord du Bouclier canadien) qui longe, d'ouest en est, la rive nord du Saint-Laurent jusqu'au cap Tourmente, 55 km en aval de Québec. L'assise rocheuse consiste en gneiss précambriens avec intrusions de granit, d'anorthosite et de syénite, le tout modelé par l'action glaciaire avec son relief de collines moutonnées, de vallées et de cuvettes. C'est surtout dans un axe sud-nord que les écarts d'altitude contrastent ; partant du niveau du fleuve, les plus hauts sommets dépassent rapidement les 1000 mètres. Les changements de climat provoqués par cette élévation subite induisent également des changements dans la végétation, remarquables dès les premiers contreforts. En effet, en partant de Québec et en se dirigeant vers le nord jusqu'au

territoire qui nous concerne, on ne traverse pas moins de trois zones de végétation et quatre domaines bioclimatiques (Thibault 1987). L'aire commune 32-02 appartient pour sa part aux deux domaines les plus boréaux de ces trois zones, soit la sapinière à bouleau blanc d'une part et la sapinière à épinette noire d'autre part. Les sols qui s'y sont développés portent la marque de l'influence de la végétation et du climat froid et très humide; des podzols ferro-humiques ou humo-ferriques avec de fréquents ortseins ou fragipans comme ceux qu'on trouve beaucoup plus au nord (Lamontagne et Nolin 1997).

Matériel et méthode

Au départ, nous disposions de deux sources de données de recensement d'espèces végétales; l'une provenant du projet de gestion intégrée des ressources pour l'aire commune 32-02 (projet « GIR »; MEF 1994) et l'autre du ministère des Ressources naturelles (MRN). Étant donné qu'un plus grand nombre d'espèces par point d'observation (P.O.) a été recensé dans l'inventaire du MRN, c'est cette source de données que nous avons conservée pour établir le portrait de la richesse en espèces végétales dans l'aire commune, même si l'intensité d'échantillonnage y était moins élevée (388 P.O. contre 512 pour le projet GIR). L'intensité d'échantillonnage revient à un peu plus d'un point d'observation pour dix km². Les 388 P.O. proviennent de 65 virées de l'inventaire éco-forestier du MRN réalisée en 1989, entre le 24 juillet et le 10 septembre. Même si les virées débordent des limites de l'aire commune, nous avons conservé celles qui étaient comprises à l'intérieur des limites des deux régions écologiques « 8f » et « 9c » de Thibault (1987) auxquelles l'aire appartient. On compte en moyenne six P.O. par virée. Les normes qui ont régi la prise de données ont été établies par le MRN et publiées en 1994 (MRN 1994). À l'intérieur du P.O. de 400 m², les espèces ligneuses et non ligneuses sont notées, conformément à une liste d'espèces (comprenant aussi des genres), en fonction de cinq strates, qui distinguent les espèces d'après leur nature ou leur hauteur. Selon sa hauteur par exemple, une même espèce ligneuse peut être observée dans la strate arborescente et dans la strate arbustive. À l'intérieur de la strate arbustive, on a distingué les jeunes arbres des autres arbustes afin d'avoir une idée de la régénération en espèces d'arbres, indication clé de la stabilité de l'écosystème, c'est-à-dire de sa capacité à revenir à son état originel après une perturbation (Frontier et Pichod-Viale 1995; Holling 1973). Les espèces appartenant aux latifoliées, fougères, prêles, lycopodes, graminées et cypéracées sont incluses dans la strate herbacée, alors que les bryophytes et lichens sont groupés dans la strate muscinale. La liste de végétaux à identifier comprend 476 espèces et 28 genres de la flore vasculaire ainsi que 16 espèces et six genres de la flore invasculaire. Dans le cas de la première, toute plante inconnue ne figurant pas dans cette liste devait être récoltée pour qu'on puisse l'identifier ultérieurement. Enfin, les espèces sont évaluées en termes d'abondance-dominance d'après l'échelle de Braun-Blanquet (1932). Les relevés de végétation des 388 P.O. ont été classifiés en fonction de leur composition en espèces et de leurs affinités pour certains milieux (p.ex. l'abondance marquée des sphaignes sur les sols mal drainés) selon Gerardin (1977). Il en est résulté 28 des 32 types de végétation que Gerardin avait décrit dans la Réserve faunique des Laurentides dans le cadre du projet de gestion intégré des ressources (MEF 1994). À l'exception d'une tourbière non boisée, les types de végétation ont un caractère forestier; ils représentent différents stades de développement et de succession de la forêt. Ceux de moins de 4 m de hauteur — manifestement les plus jeunes — sont bien représentés quant à la variété des peuplements (sapinière, pessière, bétulaie) mais ils sont pour la plupart sous-échantillonnés (moins de 10 P.O. par type). Parmi ceux de plus de 4 m de hauteur, ce sont les bétulaies qui souffrent d'un manque d'échantillonnage. Cette faiblesse devra être prise en compte lors de l'interprétation des résultats. De plus, comme il s'agit évidemment d'un recensement incomplet, le portrait qu'on tire de la compilation l'est aussi.

Les 388 P.O. ont été compilés de manière à obtenir deux portraits de la richesse floristique; l'un en livre une vue d'ensemble, en le considérant à l'échelle du territoire de l'aire commune et l'autre en offre un plus nuancé, notamment du point de vue de la relation des espèces recensées avec le milieu, en le considérant à travers le type de végétation.

Définitions

Théoriquement, la diversité en biologie recouvre deux aspects: 1) le nombre de catégories d'éléments ; dans le cas le plus courant, on dénombre des taxons (espèces ou genres) et on parlera alors de **richesse**, et 2) la **régularité**, c'est-à-dire la façon plus ou moins égale ou inégale selon laquelle les individus, pour un nombre de catégories donné (par exemple les espèces), se répartissent entre celles-ci (Frontier et Pichod-Viale 1995).

La richesse a été envisagée selon plusieurs variables. Parmi elles, on compte le **nombre d'espèces**, qui réfère au nombre d'espèces végétales recensées (parfois il s'agira d'une richesse en genres, surtout dans le cas des bryophytes). Le **nombre d'espèces par strate** est le dénombrement des espèces selon leur nature ou leur hauteur. On a compilé deux autres variables : le **nombre de mentions** (« occurrence ») d'espèces par strate et leur **moyenne** qu'on a obtenue en divisant le nombre de mentions par le nombre d'espèces dans la strate afin d'avoir un aperçu de l'hétérogénéité du contenu en espèces dans chaque strate pour l'ensemble des P.O. En prenant l'exemple de la strate herbacée, on obtient une moyenne de 46 mentions par espèce (2633/57). Par ailleurs, la **fréquence** réfère au nombre de fois qu'une même espèce a été observée. L'espèce *Rubus idaeus*, par exemple, a été observée dans 166 P.O. Par ailleurs, les espèces qui n'ont été observées qu'une seule fois sont désignées par le terme « singleton », emprunté à Pielou (1993).

Tableau 1. Portrait de la richesse floristique par strate dans l'aire commune 32-02 (n = 388)

	Strates					
	arborescente	arbustive		herbacée	muscinale	Toutes strates
		jeunes arbres	autres arbustes			
Nombre d'espèces	11	-	30	57	18	116
Nombre d'espèces par strate	11	9	30	57	18	125
Nombre moyen d'espèces par P.O.	4	3	3	7	6	22
Nombre de mentions	1380	1228	1027	2633	2407	8675
Fréquence moyenne de mentions d'espèces dans la strate[1]	125	136	34	46	134	69

[1] Nombre de mentions divisé par le nombre d'espèces dans la strate.

Tableau 2. Espèces les plus fréquentes, jeunes arbres et espèces observées une seule fois (« singletons ») (n = 388)

Espèces les plus fréquentes	Fréq.	Fréq. (%)	«Singletons»
Pleurozium schreberi	376	97	*Aster macrophyllus*
Abies balsamea (strate arbustive)	376	97	*Circaea alpina*
Abies balsamea (strate arborescente)	372	96	*Corylus cornuta*
Dicranum sp.	359	93	*Comandra livida*
Cornus canadensis	343	88	*Corallorhiza maculata*
Betula papyrifera (strate arborescente)	324	84	*Empetrum nigrum*
Betula papyrifera (strate arbustive)	321	83	*Galium triflorum*
Polytrichum sp.	311	80	*Hieracium* sp.
			Lycopodium complanatum
Jeunes arbres	Fréq.	Fréq. (%)	*Moneses uniflora*
Abies balsamea	376	97	*Osmunda cinnamomea*
Betula papyrifera	321	83	*Pyrola elliptica*
Picea mariana	255	66	*Rhododendron canadensis*
Picea glauca	130	34	*Sarracenia purpurea*
Sorbus americana	112	29	*Solidago macrophylla*
Larix laricina	22	6	*Sphagnum squarrosum*
Prunus pensylvanica	13	3	*Trillium erectum*
Populus tremuloides	9	2	*Vaccinium cespitosum*
Betula alleghaniensis	3	1	

Tableau 3. Portrait de la richesse floristique par strate dans les peuplements de moins de 4 m de hauteur (n = 33)

	Strates					
	arborescente	arbustive		herbacée	muscinale	Toutes strates
		jeunes arbres	autres arbustes			
Nombre d'espèces	11	-	12	33	12	68
Nombre d'espèces par strate	11	9	12	33	12	77
Nombre moyen d'espèces par P.O.	4	3	4	7	4	21
Nombre de mentions	120	111	97	227	147	702
Fréquence moyenne de mentions d'espèces dans la strate[1]	11	12	8	7	12	9

[1] Nombre de mentions divisé par le nombre d'espèces dans la strate.

Résultats

Richesse floristique dans l'aire commune 32-02

Un total de 116 espèces a été recensé dans l'ensemble des P.O. (tableau 1). Le lecteur trouvera la liste de ces espèces et leur code correspondant à l'annexe 1. Le total par strate s'élève à 125; il y a donc neuf espèces de jeunes arbres (tableau 2). Huit espèces constituent le groupe des espèces les plus fréquemment observées (80 % des P.O.) tandis que dix-huit espèces n'ont été observées qu'une seule fois (les singletons). Parmi ces dernières, *Galium triflorum*, *Lycopodium complanatum* et *Solidago macrophylla* ont été observées dans des peuplements de moins de 4 m de hauteur. Deux espèces ont été observées dans 376 P.O.; il s'agit d'*Abies balsamea* (strate arbustive) et de *Pleurozium schreberi*. Non loin derrière apparaissent *Cornus canadensis* et *Betula papyrifera* (strates arbustive et arborescente). La strate herbacée totalise le plus grand nombre d'espèces, soit 57, suivie des strates arbustive, muscinale et arborescente avec respectivement 39, 18 et 11 espèces (Annexe 2). Les espèces observées dans les strates herbacée et muscinale constituent 64 % de toutes les espèces observées. Ce sont les neuf espèces de jeunes arbres de la strate arbustive qui ont été le plus souvent notés lors de l'inventaire : une moyenne de 136 mentions par espèce. Chaque espèce a été observée en moyenne 69 fois. On a recensé une moyenne de 22 espèces par P.O.

Dans 33 P.O., la hauteur du peuplement est inférieure à 4 m. Le nombre total d'espèces recensées s'élève alors à 68 (tableau 3). Au total, il y a 702 mentions, ce qui donne une moyenne de neuf mentions par espèce. Le nombre moyen d'espèces par P.O. est de 21.

Le tableau 4 donne la richesse floristique des 355 P.O. dont le couvert est supérieur à 4 m de hauteur. Le nombre total d'espèces, soit 113, s'approche de celui observé dans la totalité des P.O. (tableau 1). La fréquence moyenne de mentions d'espèces est de 65, tandis que le nombre moyen d'espèces par P.O. est le même que dans la totalité des P.O., soit 22, c'est-à-dire une espèce de plus que dans les 33 peuplements de moins de 4 m de hauteur (tableau 3).

Pour avoir une idée de la variation spatiale de la richesse, on a compilé le nombre d'espèces contenu dans chacun des P.O. (figure 2). Les données suivent une loi normale. Le P.O. le plus pauvre contient 11 espèces et le P.O. le plus riche en contient 40. La richesse la plus fréquente est de 22 espèces; elle a été observée dans 40 P.O. Si on répartit les P.O. assez uniformément dans des classes de richesse, on remarque que la moitié des P.O. contiennent moins de 23 espèces et que 47 % en contiennent de 20 à 25 (tableau 5).

La fréquence d'observation des espèces varie de 1 à 376. En répartissant les espèces en cinq classes de fréquence, on obtient la distribution suivante (tableau 6) : la première classe correspond au nombre d'espèces vues une seule fois lors de l'échantillonnage ; il s'agit des dix-huit « singletons ». La deuxième classe contient les espèces qui sont vues dans 2 à 3 P.O. La troisième classe contient les espèces qui ont été vues dans 4 à 19 P.O. (tableau 6). En cumulant le nombre d'espèces vues dans les trois premières classes, on a 63 espèces, ce qui représente la moitié des espèces recensées dans la totalité des P.O.

Richesse floristique par type de végétation

Le tableau 7 présente le portrait de la richesse floristique par type de végétation. La sapinière à bouleau blanc et à oxalide (type 21 ; 74 P.O.) et la sapinière à bouleau blanc à oxalide et à dryoptéride (type 22 ; 43 P.O.) montrent la plus grande richesse avec 60 % des espèces recensées (70 espèces), suivies de la sapinière à bouleau blanc (type 18 ; 12 P.O.) avec 54 % des espèces (63 espèces).

Le tableau 8 présente le portrait de la richesse par strate pour chaque type de végétation. Parmi les types de moins de 4 m de hauteur, la bétulaie à sapin et à framboisier (type 3 ; 10 P.O.) a la plus grande richesse avec 59 espèces. La sapinière à mousses (type 9 ; 2 P.O.) a la plus pauvre de tous : 15 espèces seulement parmi lesquelles ne figurent qu'un seul arbuste et une seule herbacée. Par ailleurs, la sapinière à bouleau blanc à oxalide et à dryoptéride (type 22) montre la plus grande richesse en arbres, avec 10 espèces, et les petites sapinière à mousses (type 9) et sapinière à épinette noire à mousses et à sphaignes (type 11 ; 1 P.O.) la plus faible, avec trois espèces chacune. D'autre part, la sapinière à bouleau à oxalide et à dryoptéride (type 22) montre la plus grande richesse en arbustes : 17 espèces (53 % du total de cette strate), suivie de la sapinière à mousses et à sphaignes (type 23 ; 44 P.O.) avec 16 espèces (50 %). La strate herbacée la plus riche appartient à la sapinière à bouleau et à oxalide (type 21) avec 35 espèces (63 % du total de cette strate), suivie de la sapinière à bouleau à oxalide et à dryoptéride (type 22) avec 33 espèces (53 %). La pessière à sapin à mousses et à sphaignes (type 27 ; 32 P.O.) a la strate muscinale la plus riche, soit 83 % du nombre total des mousses figurant dans la liste normative.

Sans tenir compte des petites bétulaie à sapin à framboisier et à sphaignes (type 4), sapinière à épinette noire et à mousses (type 10), sapinière à épinette noire à mousses et à sphaignes (type 11) et pessière noire à mousses et à sphaignes (type 12), qui ne sont représentées que par un seul P.O., le nombre moyen d'espèces par type varie de 13 pour la petite sapinière à mousses (type 9) à 26 pour la sapinière à bouleau blanc (type 18). Le nombre moyen d'espèces d'arbre le plus important revient à la bétulaie (type 15 ; 3 P.O.); celui de jeunes arbres à la sapinière à mousses (type 19 ; 22 P.O.); celui d'arbustes à la pessière à éricacées et à lichens (type 34 ; 3 P.O.); celui d'herbacées à la sapinière à sphaignes (type 24 ; 8 P.O.); celui de mousses à la pessière à sapin à mousses et à sphaignes (tableau 9).

Tableau 4. Portrait de la richesse floristique par strate dans les peuplements de plus de 4 m de hauteur (n = 355)

	Strates					
	arborescente	arbustive		herbacée	muscinale	Toutes strates
		jeunes arbres	autres arbustes			
Nombre d'espèces	11	-	30	54	18	113
Nombre d'espèces par strate	11	9	30	54	18	122
Nombre moyen d'espèces par P.O.	4	3	3	7	6	22
Nombre de mentions	1263	1025	1019	2403	2260	7970
Fréquence moyen de mentions d'espèces dans la strate[1]	115	114	34	44	126	65

[1] Nombre de mentions divisé par le nombre d'espèces dans la strate.

Tableau 5. Distribution des P.O. dans les classes de richesse

	Classes de richesse				
	11 à 19 esp.	20 à 22 esp.	23 à 25 esp.	26 à 40 esp.	Total
Nombre de P.O.	115	104	77	92	388
Pourcentage	29 %	27 %	19 %	24 %	100 %

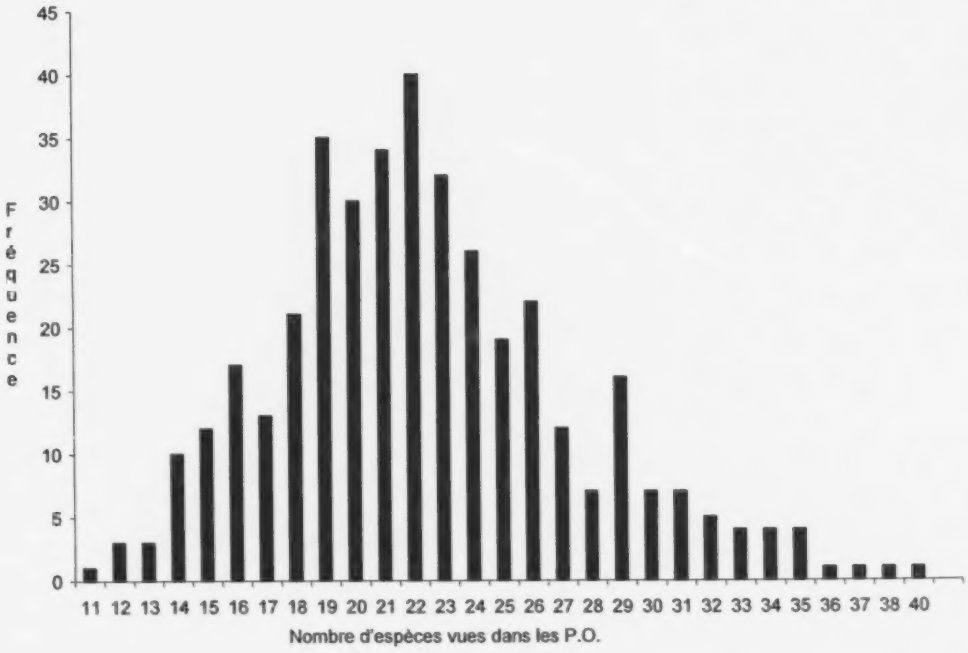


Figure 2. Richesse des points d'observation (P.O) dans le secteur de l'aire commune 32-02.

Tableau 6. Distribution des espèces dans les classes de P.O.

	Fréquence des espèces en nombre de P.O.					
Strates	1	2 à 3	4 à 19	20 à 78	79 à 388	**Total**
arborescente	0	1	4	3	4	12
arbustive-jeunes arbres	0	1	1	1	4	7
arbustive-autres arbustes	5	8	7	7	5	32
herbacée	12	11	10	13	10	56
muscinale	1	1	1	7	8	18
Total	18	22	23	31	31	125

Tableau 7. Portrait de la richesse floristique par type de végétation

Types de végétation [1]	N. de P.O.	N. d'esp.	N.d'esp. par strate	N. d'esp./ n. total d'esp.[2]	N. moy. d'esp./ n. de P.O.[3]	N. de mentions	Fréq. moy. de mentions d'esp.[4]
moins de 4 m							
1-rui(bop)/n	14	41	48	35 %	19	270	7
3-bop(sab)/rui	10	51	59	44 %	24	238	5
4-bop.sab/rui.s	1	32	36	27 %	36	36	1
6-sab/s	3	28	33	24 %	19	58	2
9-sab/m	2	12	15	10 %	14	27	2
10-sab.epn/m	1	23	27	20 %	27	27	1
11-sab.epn/m.s	1	24	27	21 %	27	27	1
12-epn/m.s	1	15	19	13 %	19	19	1
plus de 4 m							
15-BOP/n	3	27	32	23 %	21	62	2
16-BOP.SAB/n	7	40	45	34 %	23	163	4
17-BOP.SAB/o.s	8	40	45	34 %	25	198	5
18-SAB(BOP)/n	12	63	69	54 %	26	317	5
19-SAB/m	22	53	58	45 %	22	484	9
20-SAB/m.o	2	26	29	22 %	22	43	2
21-SAB(BOP)/o	74	70	76	60 %	22	1651	24
22-SAB.BOP/o.d	43	70	77	60 %	24	1014	14
23-SAB/m.s	44	62	67	53 %	22	987	16
24-SAB/s	8	45	50	38 %	25	199	4
25-SAB.EPN/s	15	50	56	43 %	23	344	7
26-EPN.SAB/m	10	34	39	29 %	21	205	6
27-EPN.SAB/m.s	32	56	62	48 %	22	697	12
28-EPN/m	16	46	51	39 %	18	284	6
29-EPN/m.s	20	50	55	43 %	21	424	8
30-EPN/s	10	48	53	41 %	23	232	7
31-ALR(SAB)/s	4	45	49	38 %	24	97	2
32-TOU/s	7	36	39	31 %	23	163	5
33-EPN/kaa.leg	15	46	51	39 %	23	340	7
34-EPN/kaa.cla	3	34	37	29 %	22	66	2

[1] Le nom complet des types de végétation est décrit à l'annexe 4.
[2] Pourcentage calculé par rapport au nombre total d'espèces dans l'aire commune 32-02.
[3] Nombre de mentions / nombre de P.O.
[4] Nombre de mentions / nombre d'espèces par strate.

Tableau 8. Nombre d'espèces par strate dans les types de végétation

Types de végétation[1]	N. de P.O.	N. d'espèces	Strates					
			arborescente	arbustive		herbacée	muscinale	Total des strates
				jeunes arbres	autres arbustes			
moins de 4 m								
1-rui(bop)/n	14	41	8	5	6	20	9	48
3-bop(sab)/rui	10	51	10	6	10	23	10	59
4-bop.sab/rui.s	1	32	5	4	7	14	6	36
6-sab/s	3	28	5	4	5	11	8	33
9-sab/m	2	12	3	3	1	1	7	15
10-sab.epn/m	1	23	6	4	4	8	5	27
11-sab.epn/m.s	1	24	3	3	6	7	8	27
12-epn/m.s	1	15	4	3	2	5	5	19
plus de 4 m								
15-BOP/n	3	27	5	4	5	11	7	32
16-BOP.SAB/n	7	40	6	4	9	17	9	45
17-BOP.SAB/o.s	8	40	6	4	10	17	8	45
18-SAB(BOP)/n	12	63	9	5	15	28	12	69
19-SAB/m	22	53	7	4	13	21	13	58
20-SAB/m.o	2	26	4	2	5	13	5	29
21-SAB(BOP)/o	74	70	8	4	15	35	14	76
22-SAB.BOP/o.d	43	70	10	5	17	33	12	77
23-SAB/m.s	44	62	6	4	16	28	13	67
24-SAB/s	8	45	5	4	5	24	12	50
25-SAB.EPN/s	15	50	7	5	9	22	13	56
26-EPN.SAB/m	10	34	5	4	6	13	11	39
27-EPN.SAB/m.s	32	56	8	5	11	23	15	62
28-EPN/m	16	46	5	4	10	18	14	51
29-EPN/m.s	20	50	7	4	13	18	13	55
30-EPN/s	10	48	6	4	12	17	14	53
31-ALR(SAB)/s	4	45	6	4	8	20	11	49
32-TOU/s	7	36	4	3	9	9	14	39
33-EPN/kaa.leg	15	46	6	5	12	16	12	51
34-EPN/kaa.cla	3	34	5	3	9	10	10	37

[1] Le nom complet des types de végétation est décrit à l'annexe 4.

Discussion

Richesse floristique dans l'aire commune 32-02

Le tableau 10 fait état des compilations du nombre d'espèces provenant de l'inventaire éco-forestier du MRN en regard de quelques autres compilations. Les 116 espèces végétales recensées constituent 69 % de la richesse des 826 P.O. du MRN des deux régions écologiques de Thibault (1987) — 8f et 9c — dans lesquelles l'aire commune est englobée. D'autre part, cet inventaire a permis de recenser près de 20 % des espèces végétales répertoriées jusqu'à ce jour pour le domaine de la sapinière à bouleau blanc (Richard 1993 dans OIFQ 1996). La flore invasculaire reflète davantage le contenu en taxons de la norme à laquelle les observateurs de terrain référaient, contenu qui ne comporte essentiellement que les bryophytes les plus communes. L'objet de l'inventaire éco-forestier était d'inventorier la plus grande variété possible de milieux à caractère forestier. Or, qui dit variété de milieux dit aussi diversité végétale. Sur un seul gradient de drainage par exemple, on a rapporté que les espèces peuvent non seulement varier en proportion (p.ex. l'abondance des sphaignes par rapport à d'autres mousses) mais aussi différer totalement et former un tout autre type d'association d'espèces (Auclair et Goff 1971; Halpern et Spies 1995; Lapin et Barnes 1995). Le nombre d'espèces ne peut à lui seul tout révéler de la diversité floristique ; pour en avoir un portrait plus précis, on doit lui associer d'autres variables, par exemple la composition et l'abondance relative des espèces entre elles (régularité).

Tableau 9. Nombre moyen d'espèces par strate dans les types de végétation

Types de Végétation[1]	N. de P.O.	Strates					Total
		arborescente	arbustive		herbacée	muscinale	
			jeunes arbres	autres arbustes			
moins de 4 m							
1-rui(bop)/n	14	3	2	4	6	4	19
3-bop(sab)/rui	10	4	3	4	8	5	24
4-bop.sab/rui.s	1	5	4	7	14	6	36
6-sab/s	3	3	3	2	6	5	19
9-sab/m	2	3	3	1	1	6	13
10-sab.epn/m	1	6	4	4	8	5	27
11-sab.epn/m.s	1	3	3	6	7	8	27
12-epn/m.s	1	4	3	2	5	5	19
plus de 4 m							
15-BOP/n	3	5	3	3	6	5	21
16-BOP.SAB/n	7	4	3	4	7	5	23
17-BOP.SAB/o.s	8	4	3	5	8	6	25
18-SAB(BOP)/n	12	4	3	4	9	6	26
19-SAB/m	22	4	3	2	6	7	22
20-SAB/m.o	2	4	2	3	10	4	21
21-SAB(BOP)/o	74	4	3	3	7	6	22
22-SAB.BOP/o.d	43	4	3	3	8	5	24
23-SAB/m.s	44	4	3	2	7	7	22
24-SAB/s	8	4	3	2	10	6	25
25-SAB.EPN/s	15	4	3	2	7	7	23
26-EPN.SAB/m	10	4	3	2	5	7	20
27-EPN.SAB/m.s	32	3	3	2	6	8	22
28-EPN/m	16	3	3	3	4	6	18
29-EPN/m.s	20	3	3	3	6	7	21
30-EPN/s	10	3	3	3	7	7	23
31-ALR(SAB)/s	4	4	2	4	9	6	24
32-TOU/s	7	2	3	5	6	6	23
33-EPN/kaa.leg	15	3	3	6	4	7	23
34-EPN/kaa.cla	3	3	2	6	4	7	22

[1] Le nom complet des types de végétation est décrit à l'annexe 4.

Nombre d'espèces par strate

Les strates arbustive et herbacée sont les plus riches avec respectivement 39 et 57 espèces, ce qui représente plus des trois quarts de tout ce qui a été observé dans les strates. Le fait de distinguer les jeunes arbres du reste des arbustes met en évidence que les premiers sont peu nombreux (9 espèces) mais très fréquents et, à l'inverse, les seconds sont nombreux (32 espèces) mais chaque espèce est peu fréquente (le gadellier glanduleux [*Ribes glandulosum*] excepté, dont la fréquence s'élève à 61 %). L'omniprésence des jeunes arbres, associée à une mesure de leur abondance dans les P.O., suggérerait que le territoire se régénère suffisamment pour que la stabilité de ces écosystèmes soit assurée. Cependant, un inventaire de régénération permettrait de le confirmer.

Dans un programme de suivi de la diversité, la strate herbacée gagnerait à être considérée non seulement pour sa richesse relative et sa composition, mais aussi pour ses réactions rapides aux changements, comme l'augmentation de la quantité de lumière au sol à la suite d'une éclaircie (Bakker *et al.* 1996 ; Meilleur *et al.* 1992). D'autres auteurs ont également observé la rapidité avec laquelle les herbacées réagissaient aux stress environnementaux, particulièrement aux dépôts acidifiants ou azotés, ainsi qu'aux changements de pluviosité, de température et de fertilité (Dobremez *et al.* 1997). De plus, les plantes vasculaires sont en général plus faciles à identifier par le technicien de terrain que les végétaux invasculaires.

La strate muscinale compte cinq genres et treize espèces, ce qui constitue dix-huit des vingt-deux taxons (82 %) qui composent la liste normative du MRN à laquelle les techniciens de terrain se référaient. Parmi cette liste, certaines espèces sont difficiles à identifier de manière macro-scopique, de sorte qu'il est aisé de croire que des erreurs d'identification puissent survenir. Cela dit, la richesse qu'on obtient avec cet inventaire est loin de refléter la richesse bryologique totale susceptible d'être observée dans ce territoire boréal. En effet, bien que le gros de la couverture de bryophytes qui tapisse le sous-bois de la forêt boréale ne soit en fait constitué que par une dizaine d'espèces, ce sont les bryophytes qui contribuent le plus à la richesse floristique de la forêt boréale (Gauthier 1995). On estime qu'environ la moitié des 893 bryophytes recensées dans le Québec-Labrador sont présentes dans la zone de la forêt boréale et qu'il s'agit là d'une estimation conservatrice (Favreau et Brassard 1988). Cependant, leur répartition dans ce territoire est encore mal connue (Gauthier 1995). Par ailleurs, on ne peut taire l'importante richesse des lichens et des champignons comprenant, comme pour les bryophytes, les espèces vivant sur tous les types de substrats (sol, rochers, branches des arbres vivants, etc.). Bien qu'il soit impossible pour l'instant de préciser le nombre d'espèces qui s'y trouve, on estime que le total se chiffre bien au-delà de 1000 (Clayden 1995). Dans un programme de conservation de la diversité biologique, il apparaîtrait important de protéger la strate muscinale — bien qu'elle ne comporte que les espèces invasculaires au sol — puisqu'elle recèle la plus grande part de la richesse de toutes les strates considérées, malgré la prépondérance marquée de quelques espèces.

Fréquence des espèces

En compilant les espèces selon leur fréquence, on obtient le portrait de ce qui est le plus typiquement observé dans la sapinière boréale. En effet, dans plus de 80 % des P.O. on y a vu :

Pleurozium schreberi (97 %)

Abies balsamea (strate arbustive) (97 %)

Abies balsamea (strate arborescente) (96 %)

Dicranum sp. (92 %)

Cornus canadensis (88 %)

Betula papyrifera (strate arborescente) (83 %)

Betula papyrifera (strate arbustive) (83 %)

Polytrichum sp. (80 %).

En considérant les strates, la fréquence élevée d'*Abies balsamea*, *Betula papyrifera* (strates arborescente et arbustive), *Cornus canadensis*, *Oxalis montana*, *Dryopteris spinulosa*, *Pleurozium Schreberi* et *Dicranum* spp. trace le profil de composition du plus observé des types de végétation dans la Réserve faunique des Laurentides : la sapinière à bouleau blanc avec son sous-bois caractéristique (Jurdant 1959 ; Lafond et Ladouceur 1968 ; Lessard 1989 ; Bergeron et d'Avignon 1992 ; Mef 1994). La fréquence des espèces ne saurait toutefois remplacer une mesure d'abondance, mesure avec laquelle on peut calculer les indices de diversité largement utilisés de Simpson et de Shannon-Wiener (Pielou 1975). En l'absence de mesures

Tableau 10. Nombre d'espèces végétales vasculaires

Sources	Milieu forestier[1]	Flore vasculaire
Inventaire éco-forestier du MRN n = 388 P.O.	Aire commune 32-02 (Scierie Leduc, Daishowa inc.)	98
n = 826 P.O.	Régions écologiques 8f et 9c (Thibault 1987)	147
Recensement de Martine Lapointe, techn. for	Forêt Montmorency (autour du lac Piché)	116
Nombre d'espèces répertoriées jusqu'à ce jour (Richard 1993 dans OIFQ 1996)	Domaine de la sapinière à bouleau blanc	500
Dignard et Bouchard 1993 (dans MRN 1996)	Tout le milieu forestier québécois	931

[1] Au sens de Dignard et Bouchard 1996.

d'abondance relative, la fréquence des espèces, pour autant qu'elle soit considérée dans sa globalité, livre une image valable mais tout de même très simplifiée de la prépondérance des espèces les unes par rapport aux autres.

Pour parler des espèces qui sont peu fréquentes ou « rares localement », Pielou (1993) utilise le terme « singleton ». Ces 18 singletons sont-ils naturellement sporadiques sur le territoire? S'agit-il d'espèces qui ont atteint leurs limites de distribution? Dans le bilan sur la biodiversité du milieu forestier québécois (MRN 1996), on rapporte que de façon générale, les espèces végétales rares sont associées à des habitats rares. Il y aurait donc lieu de vérifier si toute la variété des écosystèmes forestiers a été recensée avant d'approfondir cette question de rareté. L'information livrée ici doit être interprétée avec toute la prudence nécessaire compte tenu de la méthode d'inventaire. C'est dans un programme de suivi, à l'intérieur duquel le recensement d'espèces s'effectuerait selon la même méthode, que cette compilation des « singletons » pourrait trouver un sens.

Richesse floristique par type de végétation

La sapinière à bouleau blanc et à oxalide (type 21) et la sapinière à bouleau blanc à oxalide et à dryoptéride (type 22) détiennent la plus grande richesse floristique. On ne peut que s'y attendre: les P.O de ces deux types de sapinières proviennent davantage de la région écologique 8f, région plus thermophile — qu'on suppose donc plus riche en espèces vasculaires que la région 9c — , sans oublier qu'elles sont aussi formées du plus grand nombre de P.O., 74 et 43 respectivement. Par exemple, un type de végétation représenté par 70 P.O. ne peut être valablement comparé à un autre composé de seulement quelques P.O. De nombreux travaux ont été menés dans le but de relier le nombre d'espèces recensées à une superficie échantillonnée. Les courbes « aire/espèces » montrent qu'après un échantillonnage suffisant (une superficie suffisante), le recensement de nouvelles espèces semble aboutir à un palier; en d'autres termes, le nombre d'espèces « plafonne » (Frontier et Pichod-Viale 1995). Étant donné que l'objet de l'inventaire ne visait pas la mesure de la richesse, on doit, pour cette raison, modérer les comparaisons de richesse entre les types de végétation. Une façon de comparer les types de végétation entre eux consisterait à modéliser la relation qui existe entre le nombre cumulé d'espèces en fonction de la superficie échantillonnée (exprimée en nombre de P.O. de 400 m^2). Cette relation permettrait d'estimer pour chaque type sa richesse totale, en espèces vasculaires du moins, c'est-à-dire le nombre d'espèces obtenu si on échantillonnait le type de manière exhaustive dans toute son aire de distribution (Pielou 1993). Grâce à la modélisation des données, il serait également possible de déterminer le nombre minimum de P.O. (la superficie minimum) qu'il est nécessaire de recenser pour assurer un suivi adéquat de la richesse en espèces de chaque type de végétation. Les exercices de modélisation seront présentés dans une note subséquente (d'Avignon *et al.*, en préparation).

La petite bétulaie à sapin à framboisier et à sphaignes (type 4) — type de début de succession secondaire — doit son nombre moyen d'espèces plus élevé à ses strates arbustive et herbacée. La richesse floristique de chaque écosystème forestier semble évoluer selon un patron qui lui est propre, d'où la difficulté de le modéliser. C'est ce qui ressort du moins d'études sur le sujet (Yorks et Dabydeen 1998; Bergeron et Harvey 1997; Elliott *et al.* 1997; Roberts et Gilliam 1995; Kay 1991). De plus, lors d'une étude visant à suivre les effets à court et à long terme des perturbations sur la diversité végétale, on a observé que c'était l'intensité d'une perturbation qui apparaissait comme le facteur le plus déterminant de la richesse (Halpern et Spies 1995; Forman et Godron 1986). Celle-ci résultant donc de processus complexes spécifiques à chaque situation comme à chaque type de végétation, c'est dans la seule perspective d'un suivi qu'on pourrait porter plus loin l'interprétation de cette première compilation de la richesse à ce niveau d'observation.

Les types de végétation, plus qu'une simple association d'espèces

Les associations d'espèces demeurent certes une réalité: sur le terrain, des associations régulières de groupes d'espèces existent bel et bien. Elles restent d'ailleurs encore aujourd'hui une des bases fondamentales de la description des écosystèmes forestiers. Les types de végétation sont en quelque sorte des écosystèmes puisque l'idée d'écosystème s'impose dès lors qu'on constate que des espèces coexistent et ont des interactions avec leur environnement. Par exemple, certaines espèces ou groupes d'espèces propres à certains types de végétation sont tenus pour refléter certaines conditions de leur environnement: qu'on pense seulement aux sphaignes, indicatrices d'un mauvais drainage, ou au framboisier (*Rubus idaeus*), reconnu pour coloniser des milieux perturbés où le *pool* d'éléments nutritifs est souvent élevé (Vitousek et Mellilo 1979 dans Jobidon 1995). En reflétant autant de stades de successions différents, les types de végétation reflètent autant de patrons différents de composition que de richesses, offrant ainsi une image spatio-temporelle nuancée de la diversité végétale d'un territoire donné. De plus, les types de végétation constituent les unités de base des calculs de la plupart des indices de diversité végétale (Brockway 1998; Fredericksen *et al.* 1999; Qian *et al.* 1998; Pitkänen 1998; Roberts et Gilliam 1995).

Dans la perspective d'un suivi de la diversité végétale, l'objectif n'est pas tant de chercher à expliquer chaque association d'espèces que d'évaluer les conséquences des changements de composition ou de richesse sur le fonctionnement global de l'écosystème. Les écosystèmes qu'on se représente à différents niveaux d'observation sont en fait autant de niveaux d'organisation de l'écosystème lui-même dont les parties, qui s'emboîtent les unes dans les autres, sont toutes interdépendantes à l'échelle de la biosphère. Pour qu'un suivi au niveau d'observation du terrain ait donc un sens, il faut le rattacher aux niveaux d'organisation supérieurs. La structure écosystémique

que fournit la cartographie écologique, associée à la cartographie éco-forestière constitue un outil fort intéressant de gestion de systèmes écologiques. Toutefois, l'unité écologique que représente le type de végétation au niveau du terrain ne peut être localisée sur ces cartes qu'avec une certaine probabilité. Des analyses préliminaires de classification ont permis de prédire la probabilité avec laquelle on pouvait localiser correctement un type de végétation sur la carte écologique du MEF et sur les cartes éco-forestières du MRN à partir des 388 P.O. (D'AVIGNON *et al.*, en préparation). La probabilité de localiser correctement un type de végétation donné avec les variables cartographiques des deux cartes atteignait environ 50 % (hasard 8 %). Cette probabilité baisse encore si on y ajoute les erreurs généralement associées à la photo-interprétation elle-même. Par conséquent, il est difficile de connaître avec précision la superficie qu'occupe chaque type de végétation sur le territoire, compte tenu des données dont nous disposons. Avant de rendre opérationnel un suivi de la diversité végétale des types de végétation, on devra chercher à améliorer cette précision.

Conclusion

Le portrait de la richesse floristique dressé à partir des données de l'inventaire éco-forestier du MRN est satisfaisant pour ce qui est de la flore vasculaire (strates arborescente, arbustive et herbacée). Ce type d'inventaire a permis de recenser 98 des 500 espèces vasculaires répertoriées jusqu'à ce jour dans le domaine de la sapinière à bouleau blanc.

La liste des espèces de la flore invasculaire à laquelle les technicier.s de terrain se référaient comportait trop peu d'espèces pour qu'on puisse dresser un portrait satisfaisant de la strate muscinale puisqu'on a vu combien était importante la richesse de cette strate en forêt boréale, malgré la prépondérance marquée de quelques bryophytes.

La classification écologique des 388 P.O. a permis de distinguer 28 types de végétation. Parmi eux, certains — surtout ceux de mons de 4 m de hauteur — étaient sous-échantillonnés (moins de 10 P.O.). La richesse d'un type est en grande parie dépendante du nombre de P.O. qui le compose, autrement dit de sa surface prospectée (exprimée en nombre de P.O. de 400 m^2). Cependant, on pourrait estimer, pour une région donnée, la richesse d'un type en modélisant la relation entre le nombre d'espèces recensées en fonction de la superficie prospectée.

Les types de végétation constituent un bon portrait de la variété d'écosystèmes forestiers susceptible d'être rencontrée sur le territoire de l'aire commune, malgré le manque de représentativité de quelques types de végétation. Cette variété, pour autant qu'elle soit maintenue, préservera par le fait même toute la richesse végétale qui la constitue, comme le véhicule l'idée du filtre brut (MRN 1996).

Ce premier portrait de la richesse, quoique non exhaustif, apparaît dans l'ensemble assez satisfaisant pour qu'on pense à le mettre à contribution dans un programme de suivi pour un territoire aussi grand que celui de l'aire commune 32-02. Cette première compilation de 388 P.O. a permis de dresser un portrait de la richesse floristique qui remonte à 1989, date qui pourrait être considérée comme le temps zéro d'un programme de conservation de la diversité biologique de ce territoire.

Remerciements

Nous souhaitons remercier mesdames Sylvie Tremblay, ing.f., M.Sc., de la Direction de la recherche forestière et Francine Boyer, stagiaire, pour leur inestimable apport d'idées en matière d'évaluation de la diversité végétale, de même que Fabien Caron pour la révision et l'édition de cette note.

Références

AUCLAIR, A.N., et F.G. GOFF, 1971. *Diversity relations of upland forests in the western Great Lakes area.* American Naturalist 105 : 499-528.

BAKKER, J.P., H. OLFF, J.H. WILLEMS, et M. ZOBEL, 1996. *Why do we need permanent plots in the study of long term vegetation dynamics ?* Journal of Vegetation Science 7 : 145-228.

BERGERON, J.-F. et H. D'AVIGNON, 1992. *Guide d'identification des types forestiers - régions écologiques 8f et 9c.* Ministère des Forêts, Service des inventaires forestiers. Rapport interne. 77 p.

BERGERON, Y. et B. HARVEY, 1997. *Basing silviculture on natural ecosystem dynamics: an approach applied to the southern boreal mixedwood forest of Quebec.* Forest Ecology and Management 92 : 235-242.

BRAUN-BLANQUET, J., 1932. *Les survivants des périodes glaciaires dans la végétation méditéranéenne du Bas-Languedoc, leur valeur indicatrice et leur signification pratique.* Communication statistique internationale de géobotanique méditérannéenne alpine.

BROCKWAY, D.G., 1998. *Forest plant diversity at local and landscape scales in the Cascade Mountains of southwestern Washington.* Forest Ecology 109 : 323-341.

CLAYDEN, S., 1995. *Les lichens: une symbiose réussie.* Quatre-temps : bulletin de la Société d'animation du Jardin et de l'Institut botanique de Montréal 19(3) : 33-36.

D'AVIGNON, H., F. LEVESQUE, R. OUIMET et V. GERARDIN [en préparation]. *Établissement d'indicateurs d'aménagement forestier durable dans l'aire commune 32-02: application d'indices de diversité végétale.* Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Forêt Québec, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière.

DIGNARD, N. et A.R. BOUCHARD, 1996. *Végétaux forestiers du Québec. Document de travail.* Gouvernement du Québec, ministères des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière et Direction de l'environnement forestier. 44 p.

DOBREMEZ J.-F.,S. CAMARET, L. BOURJOT, E. ULRICH, A. BRÊTHES, P. COQUILLARD, G. DUME, J.-L. DUPOUEY, F. FORGEARD, C.GAUBERVILLE, J. GUEUGNOT, J.-F. PICARD, J.-M. SAVOIE, A. SCHMITT, J. TIMBAL, J. TOUFFET et M. TREMOLIÈRES, 1997. RENEFOR – *Inventaire et interprétation de la composition floristique de 101 peuplements du réseau (Campagne 1994/95).* Office national des forêts, Département des recherches techniques. 513 p.

ELLIOTT, K.J., L.R. BORING, W.T. SWANK et B.R. HAINES, 1997. *Successional changes in plant species diversity and composition after clearcutting a Southern Appalachian watershed.* Forest Ecology and Management 92 : 67-85.

FAVREAU, M. et G. BRASSARD, 1988. *Catalogue bibliographique des bryophytes du Québec et du Labrador.* Memorial University of Newfoundland. Occasional Papers in Biology 12. 114 p.

FORMAN, R.T.T. et M. GODRON, 1986. *Landscape ecology.* John Wiley and Sons Inc. 619 p.

FREDERICKSEN, T.S., B.D. ROSS, W. HOFFMAN, M.L. MORRISON, J. BEYEA, B.N. JOHNSON, M.B. LESTER et E. ROSS, 1999. *Short-term understory plant community responses to timber-harvesting intensity on non-industrial private forestlands in Pennsylvania.* Forest Ecology and Management 116 : 129-139.

FRONTIER, S. et D. PICHOD-VIALE, 1995. *Écosystèmes: structure, fonctionnement, évolution.* 2e édition. Masson. Paris. 447 p.

GAUTHIER, R., 1995. *Les bryophytes: une diversité mal connue.* Quatre-temps : bulletin de la Société d'animation du Jardin et de l'Institut botanique de Montréal 19 : 30-32.

GERARDIN, V., 1977. *An integrated approach to the determination of ecological groups in vegetation studies.* Ph.D., University of Connecticut. 237 p.

HALPERN, C.B. et T.A. SPIES, 1995. *Plant species diversity in natural and managed forests or the Pacific Northwest.* Ecological Applications 5 : 913-934.

HOLLING, C.S., 1973. *Resilience and stability of ecological systems* Annual Review of Ecology and Systematics 4 : 1-23.

JOBIDON, R., 1995. *Autécologie de quelques espèces de compétition d'importance pour la régénération forestière au Québec.* Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Mémoire de recherche forestière n° 117. 180 p.

JURDANT, M., 1959. *Étude écologique des associations des forêts résineuses de la région de Québec.* Thèse de maîtrise, Université Laval.

KAY, J.J., 1991. *A nonequilibrium thermodynamic framework for discussing ecosystem integrity.* Environmental Management 15 : 483-495.

LAFOND, A. et G. LADOUCEUR, 1968. *Description des groupements forestiers de la province de Québec.* Gouvernement du Québec, ministère des Terres et Forêts, Service de la recherche. Rapport interne n° 24. 726 p.

LAMONTAGNE, L. et M.-C. NOLIN, 1997. *Cadre pédologique de référence pour la corrélation des sols.* Gouvernement du Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures, Équipe pédologique du Québec, Sainte-Foy. 69 p.

LAPIN, M. et B.V. BARNES, 1995. *Using the landscape ecosystem approach to assess species and ecosystem diversity.* Conservation Biology 9 : 1148-1158.

LEBLANC, M., 1998. *La sapinière vierge de la Forêt Montmorency et de sa région : une forêt boréale distincte.* Mémoire de maîtrise. Université Laval, Faculté de foresterie et de géomatique. 144 p. [À pâraître sous forme de Mémoire de recherche forestière, MRN, Forêt Québec, Direction de la recherche forestière].

LESSARD, G., 1989. *Les groupes écologiques d'espèces et leur valeur indicatrice dans la sapinière à bouleau à papier laurentidienne.* Université Laval, Faculté de foresterie et de géodésie. Mémoire de maîtrise. 53 p.

LEVESQUE, F., H. d'AVIGNON, V. GERARDIN et R. OUIMET [en préparation]. *Établissement d'indicateurs d'aménagement forestier durable dans l'aire commune 32-02 : portrait de la mosaïque forestière.* Gouvernement du Québec, ministère des Ressources naturelles, Direction de la recherche forestière. Note de recherche forestière.

MEF (Ministère de l'Environnement et de la Faune), 1994. *Gestion intégrée des ressources de la réserve faunique des Laurentides : cadre écologique de référence. Version préliminaire.* Gouvernement du Québec, Direction du patrimoine écologique, Service de la cartographie écologique.

MEILLEUR, A., A. BOUCHARD et Y. BERGERON, 1992. *The use of understory species as indicators of landform ecosystem type in heavily disturbed forest : an evaluation in the Haut-Saint-Laurent, Quebec.* Vegetatio 102 : 13-32.

MRN (Ministère des Ressources naturelles), 1996. *Biodiversité du milieu forestier : bilan et engagements du ministère des Ressources naturelles.* Gouvernement du Québec, Direction de l'environnement forestier. 152 p.

MRN (Ministère des Ressources naturelles), 1994. *Le point d'observation écologique.* Gouvernement du Québec, Direction de la gestion des stocks forestiers. Service des inventaires forestiers. 116 p.

OIFQ (Ordre des ingénieurs forestiers du Québec), 1996. *Manuel de foresterie.* Les Presses de l'Université Laval, Québec. 1428 p.

PITKÄNEN, S., 1998. *The use of diversity indices to assess the diversity of vegetation in managed boreal forests.* Forest Ecology and Management 112 : 121-137.

PIELOU, E.C., 1975. *Ecological diversity.* John Wiley and Sons, New York. 165 p.

PIELOU, E.C., 1993. *Measuring biodiversity : quantitative measures of quality.* Dans : M.A. Fenger, E.H. Miller, J.A. Johnson et E.J.R. Williams (éd.). Our living legacy : Proceedings of a symposium on biological biodiversity, Victoria, British Columbia. Royal British Columbia Museum : 85-95.

QIAN, H., K. KLINKA et G.J. KAYAHARA, 1998. *Longitudinal patterns of plant diversity in th North American boreal forest.* Plant Ecology 138 : 161-178.

ROBERTS, M.R. et F.S. GILLIAM, 1995. *Patterns and mechanisms of plants diversity in forested ecosystems : implications for forest management.* Ecological Applications 5 : 969-977.

THIBAULT, M., 1985. *Les régions écologiques du Québec méridional : 2e approximation.* Carte 1 : 1 250 000. Gouvernement du Québec, ministère de l'Énergie et des Ressources, Service de la recherche et Service de la cartographie.

YORKS, T.E. et S. DABYDEEN, 1999. *Seasonal and successional understory vascular plant diversity in second growth hardwood clearcuts of western Maryland, USA.* Forest Ecology and Management 119 : 217-230.

YOUNG, R.A. et R.L. GIESE (éd.), 1990. *Introduction to forest science.* 2e édition. John Wiley and Sons, New York. 586 p.

Annexe 1. Liste des codes des espèces (MRN 1994)

Code	Nom latin	Nom français
AME	*Amelanchier* sp.	Amélanchiers
ANG	*Andromeda glaucophylla*	Andromède glauque
ANM	*Anaphalis margaritacea*	Anaphale marguerite
ARN	*Aralia nudicaulis*	Aralie à tige nue
ASA	*Aster acuminatus*	Aster acuminé
ASM	*Aster macrophyllus*	Aster à grandes feuilles
ASS	*Aster* sp.	Asters
ATF	*Athyrium filix-femina*	Athyrium fougère-femelle
AUC	*Alnus crispa* var. *mollis*	Aulne crispé
AUR	*Alnus rugosa* var. *americana*	Aulne rugueux
BAT	*Bazzania trilobata*	Bazzanie trilobée
BEG	*Betula glandulosa*	Bouleau glanduleux
BOJ	*Betula alleghaniensis (lutea)*	Bouleau jaune
BOJI	*Betula alleghaniensis (lutea) < 4 m*	Bouleau jaune < 4 m
BOP	*Betula papyrifera*	Bouleau à papier
BOPI	*Betula papyrifera < 4 m*	Bouleau à papier < 4 m
CAL	*Cassandra calyculata*	Cassandre caliculé
CAX	*Carex* sp.	Carex, laîches
CHH	*Chiogenes hispidula*	Chiogène hispide
CIA	*Circaea alpina*	Circée alpine
CLB	*Clintonia borealis*	Clintonie boréale
CLM	*Cladina mitis*	Cladine douce
CLR	*Cladina rangiferina*	Cladine rangifère
CLS	*Cladonia* sp.	Cladonies
CLT	*Cladina stellaris*	Cladine étoilée
COC	*Corylus cornuta*	Noisetier à long bec
COG	*Coptis groenlandica*	Coptide du Groenland
COL	*Comandra livida*	Comandre livide
COM	*Corallorhiza maculata*	Corallorhize maculée
CON	*Cornus canadensis*	Cornouiller du Canada
COR	*Cornus stolonifera*	Cornouiller stolonifère
DAR	*Dalibarda repens*	Dalibarde rampante
DIE	*Diervilla lonicera*	Dièreville chèvrefeuille
DIS	*Dicranum* sp.	Dicranes
DRC	*Dryopteris cristata*	Dryoptéride accrêtée
DRD	*Dryopteris disjuncta*	Dryoptéride disjointe
DRN	*Dryopteris noveboracensis*	Dryoptéride de New York
DRP	*Dryopteris phegopteris*	Dryoptéride du hêtre
DRS	*Dryopteris spinulosa*	Dryoptéride spinuleuse
EMN	*Empetrum nigrum*	Camarine noire
EPA	*Epilobium angustifolium*	Épilobe à feuilles étroites
EPB	*Picea glauca*	Épinette blanche

Annexe 1 (suite). Liste des codes des espèces (MRN 1994)

Code	Nom latin	Nom français
EPBI	*Picea glauca < 4 m*	Épinette blanche < 4 m
EPN	*Picea mariana*	Épinette noire
EPNI	*Picea mariana < 4 m*	Épinette noire < 4 m
EPR	*Picea rubens*	Épinette rouge
EQS	*Equisetum* sp.	Prêles
ERE	*Acer spicatum*	Érable à épis
GAT	*Galium triflorum*	Gaillet à trois fleurs
GRS	*Graminées* sp.	Pâturins, mil, chiendent
HIS	*Hieracium* sp.	Épervières
HYS	*Hylocomium splendens*	Hypne éclatante
KAA	*Kalmia angustifolia*	Kalmia à feuilles étroites
KAP	*Kalmia polifolia*	Kalmia à feuilles d'Andromède
LEG	*Ledum groenlandicum*	Lédon du Groenland
LIB	*Linnaea borealis*	Linnée boréale
LON	*Lonicera canadensis*	Chèvrefeuille du Canada
LYA	*Lycopodium annotinum*	Lycopode innovant
LYC	*Lycopodium clavatum*	Lycopode claviforme
LYL	*Lycopodium lucidulum*	Lycopode brillant
LYO	*Lycopodium obscurum*	Lycopode foncé
LYP	*Lycopodium complanatum*	Lycopode aplati
MAC	*Maianthemum canadensis*	Maïanthème du Canada
MEL	*Larix laricina*	Mélèze laricin
MELI	*Larix laricina < 4 m*	Mélèze laricin < 4 m
MIN	*Mitella nuda*	Mitrelle nue
MNP	*Mnium punctatum*	Mnie ponctuée
MNS	*Mnium* sp.	Mnies
MON	*Monotropa uniflora*	Monotrope uniflore
MOU	*Moneses uniflora*	Monésès uniflore
NEM	*Nemopanthus mucronatus*	Némopanthe mucroné
OSC	*Osmunda cinnamomea*	Osmonde cannelle
OSY	*Osmunda claytoniana*	Osmonde de Clayton
OXM	*Oxalis montana*	Oxalide de montagne
PES	*Petasites palmatus*	Pétasite palmé
PET	*Populus tremuloides*	Peuplier faux-tremble
PETI	*Populus tremuloides < 4 m*	Peuplier faux-tremble < 4 m
PLS	*Pleurozium schreberi*	Hypne de Schreber
POP	*Polygonatum pubescens*	Sceau-de-Salomon pubescent
POS	*Polytrichum* sp.	Polytrics
PRP	*Prunus pensylvanica*	Cerisier de Pennsylvanie
PRPI	*Prunus pensylvanica < 4 m*	Cerisier de Pennsylvanie < 4 m
PTA	*Pteridium aquilinum* var. *latiusculum*	Ptéridium des aigles
PTC	*Ptilium crista-castrensis*	Hypne cimier

Annexe 1 (fin). Liste des codes des espèces (MRN 1994)

Code	Nom latin	Nom français
PTI	*Ptilidium ciliare*	Ptilidie ciliée
PYE	*Pyrola elliptica*	Pyrole elliptique
PYR	*Pyrola secunda*	Pyrole unilatérale
PYS	*Pyrola* sp.	Pyroles
RHC	*Rhododendron canadense*	Rhododendron du Canada
RIG	*Ribes glandulosum*	Gadellier glanduleux
RIL	*Ribes lacustre*	Gadellier lacustre
RUC	*Rubus chamaemorus*	Ronce petit-mûrier
RUI	*Rubus idaeus*	Framboisier
RUP	*Rubus pubescens*	Ronce pubescente
SAB	*Abies balsamea*	Sapin baumier
SABI	*Abies balsamea < 4 m*	Sapin baumier < 4 m
SAL	*Salix* sp.	Saules
SAP	*Sambucus pubens*	Sureau pubescent
SAR	*Sarracenia purpurea*	Sarracénie pourpre
SMT	*Smilacina trifolia*	Smilacine trifoliée
SOA	*Sorbus americana*	Sorbier d'Amérique
SOAI	*Sorbus americana < 4 m*	Sorbier d'Amérique < 4 m
SOM	*Solidago macrophylla*	Verge d'or à grande feuilles
SOS	*Solidago* sp.	Verges d'or
SPF	*Sphagnum fuscum*	Sphaigne brune
SPG	*Sphagnum girgensohnii*	Sphaigne de Girgensohn
SPM	*Sphagnum magellanicum*	Sphaigne de Magellan
SPQ	*Sphagnum squarrosum*	Sphaigne squarreuse
SPS	*Sphagnum* sp.	Sphaignes
STA	*Streptopus amplexifolius*	Streptope amplexicaule
STR	*Streptopus roseus*	Streptope rose
TAC	*Taxus canadensis*	If du Canada
TRB	*Trientalis borealis*	Trientale boréale
TRE	*Trillium erectum*	Trille dressé
TRU	*Trillium undulatum*	Trille ondulé
VAA	*Vaccinium angustifolium*	Airelle à feuilles étroites ou bleuets
VAC	*Vaccinium cespitosum*	Airelle gazonnante
VAM	*Vaccinium myrtilloides*	Airelle fausse-myrtille ou bleuets
VAO	*Vaccinium oxycoccos*	Airelle canneberge
VAV	*Vaccinium vitis-idaea*	Airelle vigne-d'Ida
VIC	*Viburnum cassinoides*	Viorne cassinoïde
VIE	*Viburnum edule*	Viorne comestible
VIL	*Viburnum alnifolium*	Viorne à feuilles d'aulne
VIS	*Viola* sp.	Violettes
VIT	*Viburnum trilobum*	Viorne trilobée

Annexe 2. Fréquence des espèces par strate

Strates	Espèces	Fréqence	Fréq. (%)	Strates	Espèces	Fréquence	Fréq. (%)
arborescente				autres arbustes	VAV	3	1
	SAB	372	96	(suite)	NEM	3	1
	BOP	324	83		BEG	3	1
	EPN	268	69		ANG	3	1
	EPB	244	63		VIL	2	0.5
	SOA	70	18		VIC	2	0.5
	SAL	42	11		VAO	2	0.5
	PRP	21	5		LON	2	0.5
	MEL	18	5		DIE	2	0.5
	PET	10	3		VAC	1	0.3
	BOJ	6	1.5		RHC	1	0.3
	EPR	5	1		EMN	1	0.3
arbustive					COC	1	0.3
jeunes arbres	SABI	376	97	**herbacée**	CON	343	88
	BOPI	321	83		OXM	277	71
	EPNI	255	66		CHH	267	69
	EPBI	130	33		DRS	260	67
	MELI	22	6		CAX	200	52
	PETI	9	2		CLB	154	40
	BOJI	3	1		TRB	150	39
	PRPI	13	3		LYA	95	24
	SOAI	112	29		MAC	90	23
autres arbustes	RIG	239	62		COG	83	21
	RUI	166	43		LIB	75	19
	SAP	119	31		RUC	74	19
	VAM	82	21		GRS	73	19
	AME	78	20		SOS	67	17
	LEG	68	17.5		DRD	51	13
	VAA	49	13		STA	40	10
	KAA	34	9		SMT	40	10
	ERE	32	8		DRP	39	10
	AUR	26	7		LYO	34	9
	KAP	24	6		VIS	23	6
	CAL	19	5		ARN	23	6
	VIE	15	4		RUP	22	6
	RIL	13	3		EPA	20	5
	VIT	10	3		EQS	19	5
	COR	6	1.5		STR	18	5
	AUC	6	1.5		DRN	15	4

Annexe 2 (fin). Fréquence des espèces par strate

Strates	Espèces	Fréquence	Fréq.(%)	Strates	Espèces	Fréquence	Fréq.(%)
herbacée	MON	8	2	muscinale	PTC	255	66
	LYL	7	2	(suite)	CLR	182	47
	PYS	6	2		CLM	143	37
	POP	5	1		SPF	56	14
	ASA	5	1		BAT	49	13
	PTA	4	1		SPM	30	8
	ATF	4	1		PTI	25	6
	PYR	3	1		SPS	23	6
	PES	3	1		CLS	22	6
	OSY	3	1		CLT	21	5
	LYC	3	1		MNS	5	1
	ASS	3	1		MNP	2	1
	ANM	3	1		SPQ	1	0
	TRU	2	1				
	TAC	2	1				
	MIN	2	1				
	DRC	2	1				
	DAR	2	1				
	TRE	1	0				
	SOM	1	0				
	SAR	1	0				
	PYE	1	0				
	OSC	1	0				
	MOU	1	0				
	LYP	1	0				
	HIS	1	0				
	GAT	1	0				
	COM	1	0				
	COL	1	0				
	CIA	1	0				
	ASM	1	0				
muscinale	PLS	376	97				
	DIS	359	93				
	POS	311	80				
	SPG	286	74				
	HYS	261	67				

Annexe 3. Fréquence des espèces dans les 388 P.O.

Espèces	Fréq.	Fréq. (%)	Espèces	Fréq.	Fréq. (%)	Espèces	Fréq.	Fréq. (%)
PLS	376	97	KAA	34	9	OSY	3	0.8
SABI	376	97	LYO	34	9	PES	3	0.8
SAB	372	96	ERE	32	8	PYR	3	0.8
DIS	359	93	SPM	30	8	VAV	3	0.8
CON	343	88	AUR	26	7	DAR	2	0.5
BOP	324	84	PTI	25	6	DIE	2	0.5
BOPI	321	83	KAP	24	6	DRC	2	0.5
POS	311	80	ARN	23	6	LON	2	0.5
SPG	286	74	SPS	23	6	MIN	2	0.5
OXM	277	71	VIS	23	6	MNP	2	0.5
EPN	268	69	CLS	22	6	TAC	2	0.5
CHH	267	69	MELI	22	6	TRU	2	0.5
HYS	261	67	RUP	22	6	VAO	2	0.5
DRS	260	67	CLT	21	5	VIC	2	0.5
EPNI	255	66	PRP	21	5	VIL	2	0.5
PTC	255	66	EPA	20	5	ASM	1	0.3
EPB	244	63	CAL	19	5	CIA	1	0.3
RIG	239	62	EQS	19	5	COC	1	0.3
CAX	200	52	MEL	18	5	COL	1	0.3
CLR	182	47	STR	18	5	COM	1	0.3
RUI	166	43	DRN	15	4	EMN	1	0.3
CLB	154	40	VIE	15	4	GAT	1	0.3
TRB	150	39	PRPI	13	3	HIS	1	0.3
CLM	143	37	RIL	13	3	LYP	1	0.3
EPBI	130	34	PET	10	3	MOU	1	0.3
SAP	119	31	VIT	10	3	OSC	1	0.3
SOAI	112	29	PETI	9	2	PYE	1	0.3
LYA	95	25	MON	8	2	RHC	1	0.3
MAC	90	23	LYL	7	2	SAR	1	0.3
COG	83	21	AUC	6	2	SOM	1	0.3
VAM	82	21	BOJ	6	2	SPQ	1	0.3
AME	78	20	COR	6	2	TRE	1	0.3
LIB	75	19	PYS	6	2	VAC	1	0.3
RUC	74	19	ASA	5	1			
GRS	73	19	EPR	5	1			
SOA	70	18	MNS	5	1			
LEG	68	18	POP	5	1			
SOS	67	17	ATF	4	1			
SPF	56	14	PTA	4	1			
DRD	51	13	ANG	3	1			
BAT	49	13	ANM	3	1			
VAA	49	13	ASS	3	1			
SAL	42	11	BEG	3	1			
SMT	40	10	BOJI	3	1			
STA	40	10	LYC	3	1			
DRP	39	10	NEM	3	1			

Annexe 4. Noms des types de végétation

N°	Nom	Description
	moins de 4 m	
1	rui(bop)/n	arbustaie à framboisier (et à bouleau blanc)
2	bop/n	arbustaie à bouleau blanc [1]
3	bop(sab)/rui	arbustaie à bouleau blanc (et sapin) et à framboisier
4	bop.sab/rui.s	arbustaie à bouleau blanc, à framboisier et à sphaignes
5	bop.sab/s	arbustaie à bouleau blanc, à sapin et à sphaignes
6	sab/n	arbustaie à sapin
7	sab.bop/m.s	arbustaie à sapin, à bouleau blanc, à mousses et à sphaignes
8	sab.bop/s	arbustaie à sapin, à bouleau blanc et à sphaignes
9	sab/m	arbustaie à sapin et à mousses
10	sab.epn/m	arbustaie à sapin, à épinette noire et à mousses
11	sab.epn/m.s	arbustaie à sapin, à épinette noire, à mousses et à sphaignes
12	epn/m.s	arbustaie à épinette noire, à mousses et à sphaignes
13	epn/s	arbustaie à épinette noire et à sphaignes
14	cac/s	herbaçaie à calamagrostide et à sphaignes
	plus de 4 m	
15	BOP/n	forêt à bouleau blanc
16	BOP.SAB/n	forêt à bouleau blanc et à sapin
17	BOP.SAB/o.s	forêt à bouleau blanc, à sapin, à oxalide et à sphaignes
18	SAB(BOP)/n	forêt à sapin (et à bouleau blanc)
19	SAB/m	forêt à sapin et à mousses
20	SAB/m.o	forêt à sapin, à mousses et à oxalide
21	SAB(BOP)/o	forêt à sapin à bouleau blanc et à oxalide
22	SAB.BOP/o.d	forêt à sapin, à bouleau blanc, à oxalide et à dryoptéride
23	SAB/m.s	forêt à sapin, à mousses et à sphaignes
24	SAB/s	forêt à sapin et à sphaignes
25	SAB.EPN/s	forêt à sapin, à épinette noire et à sphaignes
26	EPN.SAB/m	forêt à épinette noire, à sapin et à mousses
27	EPN.SAB/m.s	forêt à épinette noire, à sapin, à mousses et à sphaignes
28	EPN/m	forêt à épinette noire et à mousses
29	EPN/m.s	forêt à épinette noire, à mousses et à sphaignes
30	EPN/s	forêt à épinette noire et à sphaignes
31	ALR(SAB)/s	arbustaie à aulne rugeux (et à sapin) et à sphaignes
32	TOU/s	tourbière à sphaignes
33	EPN/kaa.leg	forêt à épinette noire et à éricacées
34	EPN/kaa.cla	forêt à épinette noire, à éricacées et à ichens

[1] Aucun point d'observation ne correspondait à la description des types en ombragé.

RN99-3091

ISBN 2-550-35007-3
Dépôt légal 1999
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
©1999 Gouvernement du Québec

Québec
Ministère des
Ressources naturelles

ONTARIO FOREST RESEARCH INSTITUTE
OFRI • IRFO
FOREST RESEARCH note
No. 68
2006

Ice storm and fertilization effects on root starch, sap productivity and sweetness, diameter growth, and tap hole closure in sugar maple stands of eastern Ontario

Thomas L. Noland[1], Geoff McVey[2], and Dave Chapeskie[3]

[1]Research Scientist, Ontario Ministry of Natural Resources, Ontario Forest Research Institute, 1235 Queen St. E., Sault Ste. Marie, ON, P6A 2E5. Phone: (705)946-2981; E-mail: tom.noland@ontario.ca
[2]Field Coordinator, Eastern Ontario Model Forest, P. O. Box 2111, Kemptville, ON K0G 1J0
[3]Agroforestry Specialist,Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, ORC Government Building, Box 2004, Kemptville, ON K0G 1J0

Summary

The effect of fertilizer was examined on 15 sugar maple stands in eastern Ontario managed for syrup production that sustained 7% to 72% ice-induced crown damage. Stands were divided into 4 plots that received the following fertilizer treatments: dolomitic lime – calcium (Ca) and magnesium (Mg), phosphorous (P) and potassium (K), and lime plus P+K treatments and no fertilizer in June 1999. The effects of crown damage level and fertilization on root starch, sap volume, sap sugar content, syrup production, and tap hole closure rate were examined during Phase I of this study, which ran from 1998 to 2001. During Phase II fall root starch content and stem diameter growth (fall of 2003), sap volume and sugar content, hourly block temperatures measured during the sap run (spring of 2004), and tap hole closure (fall of 2004) were examined and effects on syrup production calculated.

Fall root starch content, sap volume, and tap hole closure rate were not affected by crown damage level. Sugar content of sap was reduced in trees with moderate (26-50%) and severe (>50%) damage. Moderate damage also lowered syrup production per tap. Daily air temperature amplitudes were about 1°C greater in moderately and severely damaged stands compared to lightly (0-25%) damaged stands. Moderately and severely damaged trees also had less stem diameter growth in 1999, 2000, and 2001, but not in 2002 and 2003. The fertilizer and lime treatments had no significant effects. Results suggest that ice storm damage to crowns has significant effects on sap sweetness and syrup production capacity of sugar maple for up to 6 years.

Résumé

On a examiné les effets d'engrais sur 15 peuplements d'érables à sucre de l'Est de l'Ontario aménagés pour la production de sirop dont la cime avait subi entre 7 et 72 % de dommages causés par le verglas. Les peuplements ont été divisés en quatre parcelles ayant été traitées avec les engrais suivants en juin 1999 : chaux dolomitique – calcium (Ca) et magnésium (Mg), phosphore (P) et potassium (K), et chaux et traitements de P et de K. Une parcelle n'a reçu aucun engrais. Lors de la phase 1 de l'étude, qui a eu lieu de 1998 à 2001, on a étudié les effets des dommages causés aux cimes et de la fertilisation sur les réserves d'amidon des racines, le volume de sève, la teneur en sucre de la sève, la production de sirop et le taux de fermeture des entailles. Pendant la phase II, on a étudié la teneur en amidon des racines à l'automne et l'accroissement du diamètre de la tige (automne 2003), le volume de sève et sa teneur en sucre, la température des blocs toutes les heures pendant la coulée de sève (printemps 2004) et la fermeture des entailles (automne 2004) puis on a calculé la production de sirop. La teneur en amidon des racines à l'automne, le volume de sève et le taux de fermeture des entailles n'ont pas été affectés par les dommages subis par les cimes. La sève des arbres ayant subi des dommages moyens (entre 26 et 50 %) ou graves (plus de 50 %) avait une teneur en sucre plus faible. En outre, les arbres ayant subi des dommages moyens produisaient moins de sirop par entaille. L'amplitude quotidienne de la température de l'air parmi les peuplements ayant subi des dommages moyens ou graves était d'environ 1 °C supérieure à celle des peuplements ayant subi des dommages légers

Ontario

Ministry of Natural Resources • Ontario Forest Research Institute
Applied Research and Development • 1235 Queen St. E., Sault Ste. Marie, ON
P6A 2E5 • (705)946-2981 • Fax (705)946-2030 • information.ofri@ontario.ca

(entre 0 et 25 %). De plus, l'accroissement du diamètre de la tige des peuplements ayant subi des dommages moyens ou graves était inférieur en 1999, 2000 et 2001, mais non en 2002 et 2003. Les engrais et les traitements à la chaux n'ont pas eu d'effets majeurs. Les résultats obtenus laissent croire que les dommages causés aux cimes par la tempête de verglas ont eu des effets importants sur la teneur en sucre de la sève et la capacité de production de sirop des érables à sucre pendant une période pouvant atteindre six ans.

Introduction

The ice storm of January 5-10, 1998 was one of the worst weather disasters ever recorded in Canadian history (Milton and Bourque 1999) – unprecedented in its duration, severity, and area affected (Chapeskie 1999). At its peak, the ice storm covered about 604,000 km^2 of eastern Ontario (Hopkin et al. 2003), much of southwestern Quebec, and spread into Atlantic Canada and adjacent areas of northeastern United States. As a result of this storm, trees throughout eastern Ontario, including sugar maple in stands used for maple syrup production suffered extensive crown damage.

Critical research needs identified by Ontario maple syrup producers included the impact of crown damage on: (1) tree health as measured by fall root starch content, (2) the rates of mortality and recovery for damaged stands, and (3) maple syrup productivity as measured by sap volume and sweetness (Chapeskie and Nielsen 1998). In response, the Ontario ministries of Natural Resources and Agriculture, Food, and Rural Affairs, the Canadian Forest Service, and numerous university scientists initiated a collaborative multi-disciplinary research program to address these needs (Lautenschlager and Nielsen 1999). Subsequent literature reviews indicated that little was known about the impact of ice storm crown damage on sugar maple health and syrup productivity (Coons 1999, Van Dyke 1999).

As a result, a research project was initiated to investigate crown damage and fertilization effects on sap volume and sugar content, syrup production, root starch content, and tap hole closure rate from the first 3 years after the storm (1998-2001). Early results of this research (phase I) have been published (Noland 2003). The objective of Phase II of this project was to determine the longer-term effects of ice storm damage on sugar maple syrup productivity as well as whether fertilizer and lime treatments, applied to enhance crown recovery, ameliorated the damage.

Methods

Plot network

In 1998, 34 1-ha (2.47 acres) blocks were established throughout the heavily ice-damaged area of eastern Ontario in privately owned sugar bushes (Lautenschlager and Nielsen 1999). At time of establishment, each block was rated for ice damage by visually estimating the percentage of branches in each tree crown that were removed (Lautenschlager and Winter 2001). Each block was classified into a damage category based on the amount of crown affected by ice damage: light (0 - 25%), moderate (26%-50%), and severe (51% +). Each block was then divided into 4, 0.25-ha (0.62 acre) plots and treated with fertilizer at the following rates: (i) 2 tonnes (2,205 lbs.) of dolomitic lime ha^{-1}, (ii) 200 kgs (441 lbs.) of P and K ha^{-1}, (iii) lime plus P and K, or (iv) no nutritional additions (control) in June 1999. At the time of establishment, 6 focus trees per plot (24 per block) were chosen and marked to measure diameter growth, root starch, sap production, and tap hole closure rate, as well as the average block damage level. Six severely, 5 moderately, and 4 lightly damaged blocks were chosen for sap monitoring in Phase I of the study (Noland 2003). For phase II, 1 severe damage block was dropped and 1 light damage block was added to provide an equal number (5) of blocks for each damage level. At establishment, the following parameters were measured: tree damage, focus tree he ght and diameter at breast height (DBH), basal area (m^2 ha^{-1}), and root diameter of two roots sampled per tree for starch.

Root starch, stem, sap, and temperature sampling

Fall root starch samples were collected in November 2003 by taking (Wargo 1979) increment cores, 2 to 3 cm (0.8 to 1.2 inches) long, from 2 surface roots in each of 3 focus trees per treatment plot (12 trees per block) in the 15 sap blocks. Stem diameter changes were quantified using increment cores 2 to 3 cm (0.8 to 1.2 inches) long from the trunk at about 1.4 m (4.5 feet) above the ground from all 6 focus trees per treatment plot of the 15 blocks. Trees were tapped using standard 11.1 mm (7/16 inch) diameter spiles with a taphole 6.35 cm (2.5 inches) deep using conservative tapping guidelines: a maximum of 2 taps per tree (Chapeskie and Nielsen 1998). Sap was collected using a bucket system with drain tubes attached to spiles. Sap collections and root starch samples were taken from the same 3 focus trees per plot. Sap collections were made every other day while sap was running during the spring of 2004 (March 8 – April 20). Syrup

production was calculated by multiplying seasonal sugar content average times total seasonal sap volume using the rule of 84 (Walters 1982). Tap hole closure rate was measured in November 2004 as percent closure. Hourly air temperature recorders (Hobo, Hoskins Scientific) were installed at the centre of each of the 15 blocks at 1 m above the ground for the duration of the sap run.

Starch analysis

Starch was extracted using 1.5 ml of methanol: chloroform: water mixture (12:5:3 v:v:v) (Haissig and Dickson 1979), repeated 3 times on each 25 mg DM (freeze-dried mass) root tissue sample (ground with size 20 mesh). Root starch was analyzed using a Waters' HPLC system as described in Noland et al. (1997).

Statistical analyses

The experiment was established as a split-plot completely randomized block design. The main effect being investigated is crown damage level. The split plot for each block is the fertilizer treatments. Although set up as a completely randomized block design, this portion of the study was analyzed with each individual tree considered an independent sample unit. The response of each tree to the treatments, in terms of root starch, sap and syrup production, was independent of the other trees in the block. Relationships between each response variable (i.e., root starch, sap volume and sugar content, and calculated syrup production) and damage were examined using analysis of variance (ANOVA) in SigmaStat 3. Residuals were plotted and checked for normality and homogeneity of variance and when normality conditions were not met, nonparametric analysis was performed using Kruskal-Wallis ANOVA. In the case of significant categorical variables, a posteriori means testing was carried out using the Student-Newman-Keuls means test ($P \leq 0.05$) for normally distributed data and the nonparametric Dunn's mean test ($P \leq 0.05$) for nonnormally distributed data.

Results

The fall root starch levels, sap volume produced per tap, and fall tap hole closure rates in maple were not affected by ice storm damage levels (Table 1). In moderately or severely damaged trees, sap sweetness and diameter growth were significantly reduced (Figures 1 and 2). However, potential syrup production was only significantly lowered in moderately damaged trees. Diameter growth was not affected by damage level in 2002 and 2003, but was reduced by crown damage in 1999, 2000, and 2001. Tree height and branch number did vary significantly with damage level (Table 2). Severely damaged trees averaged over 1 m shorter and had about 6 less branches per tree than trees with light or moderate damage.

Table 1. *Crown damage effects on seasonal mean sap volume, daily air temperature range (Ta range), tap hole closure, and fall root starch content in sugar maple trees in eastern Ontario. Means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).*

Damage level	2004 sap volume per tap (Litres)	2004 fall tap hole closure (% closed)	2003 fall root starch content (%)	2004 daily Ta range (°C)
Light	42.6 a	39.4 a	1.67 a	10.7 b
Moderate	42.1 a	39.0 a	1.90 a	11.6 a
Severe	47.2 a	36.0 a	1.77 a	11.6 ab

Table 2. *Mean tree height, diameter at breast height (DBH), and number of tertiary branches per tree for sugar maple trees in eastern Ontario. Means followed by the same letter are not significantly different ($p \leq 0.05$).*

Damage level	Tree height (m)	DBH (cm)	Branch No.
Light	22.6 a	39.1 a	18.6 a
Moderate	23.2 a	44.5 a	18.7 a
Severe	21.4 b	43.9 a	12.3 b

Maximum and minimum daily temperatures swings were greater in moderately and severely damaged blocks (Table 1). However, the nearly 1°C difference was only significant in the moderately damaged blocks. (In 2 of the severely damaged blocks the temperature sensors failed soon after installation.)

Dolomitic lime and fertilizer treatments did not significantly affect diameter growth, sap volume production, sap sugar content, syrup production, or tap hole closure (data not shown).

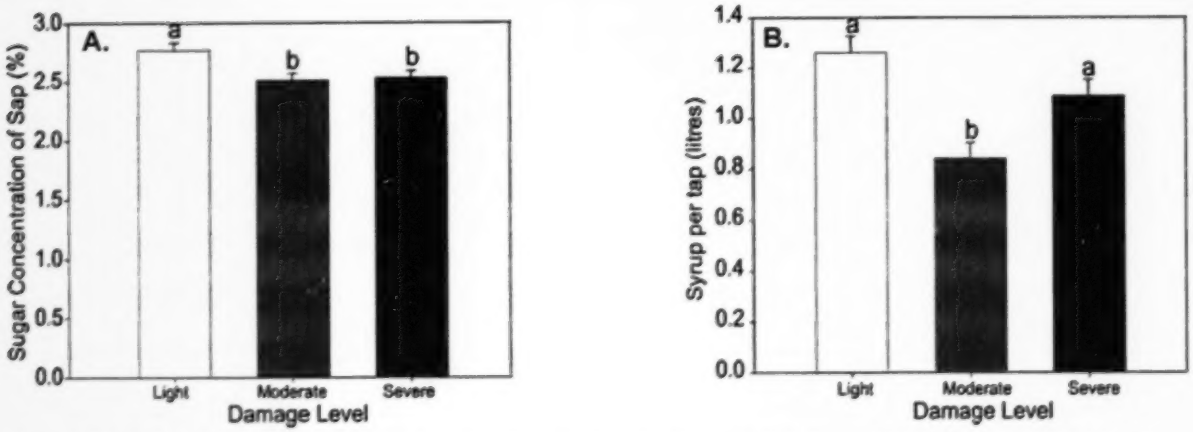


Figure 1. *Effect of ice storm damage on: A. 2004 (year 6 post ice storm) seasonal sugar content of sap (Mean + Std. Err.) and B. Calculated 2004 seasonal syrup production per tap (Mean + Std. Err.) in sugar maple trees from 15 tapped stands in eastern Ontario. Vertical bars topped by the same letters are not significantly different (p≤0.05).*

Discussion

The crown of a sugar maple tree can be viewed as its photosynthetic factory for producing sugar, which is used for new tissue growth and maintenance of existing tissues. By removing a significant portion of this crown, the ice storm of 1998 reduced the capacity of the tree to produce energy (sugar) needed for maintenance of existing tissues (respiration), growth, and development. Storm damage was assessed as the percentage of live crown removed. Although damage provides a rough assessment of the ice storm impact on the tree's ability to produce energy, it does not account for differences in initial crown size and the differing ability with age (Kramer and Kozlowski 1979) and crown classification (Meating et al. 2000) to replace lost branches by forming new epicormic branches. Therefore, the impact of 50% damage on a tree that initially had 50 tertiary branches may not have been as great as on a second tree that had 20 such branches before the storm. In addition, tree age and its condition prior to the storm (Proulx and Greene 2001) will influence the degree to which it will be affected by ice storm damage. All of these factors have been considered when interpreting the results because they likely influenced the response of the trees to the ice storm damage and were therefore a significant source of stand to stand variability in response.

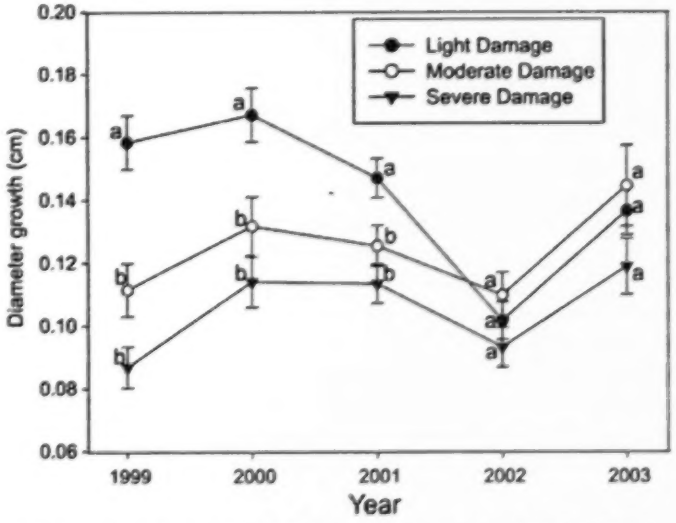


Figure 2. *Effect of ice storm damage on mean diameter growth (± Std. Err.) in sugar maple trees from 15 tapped stands in eastern Ontario. Within each year means marked by the same letter are not significantly different (P ≤ 0.05).*

The trees in the 3 crown damage classes had similar mean diameters and heights varied only 1 to 1.5 m (Table 2). Number of branches were reduced by about 33% in the trees classified as severely damaged compared to lightly and moderately damaged trees. Since branches were counted after the storm, this reduction was probably, at least in part, due to the higher damage levels in severely damaged trees. These results suggest that the trees in the 3 damage classes sampled for this study were of a comparable size and age, and probably did not have significant differences in susceptibility to damage because of these factors.

Root starch was not affected by crown damage level by the fall of 2003, the sixth year after the ice storm. In contrast, severe crown damage (>50 %) lowered fall root starch concentration in 2 of the first 3 years it was measured (Noland 2003). Reductions

in autumn root starch levels have also been reported for 2 consecutive years in sugar maple trees where crown dieback due to decline equalled or exceeded 50% (Renaud and Mauffette 1991). Death of sugar maple trees has been associated with shoot and root starch depletion in artificially defoliated trees (Gregory and Wargo 1986). Severe insect defoliation (>90%) also reduced fall root starch levels in sugar maple for 2 successive years (Kolb et al. 1992). The longer-term effects of defoliation or crown damage on root starch have not been reported elsewhere. Our results suggest that 6 years after the crown damage occurred, trees with moderate and severe crown damage have recovered sufficiently to maintain root starch levels similar to trees that sustained light damage.

Diameter growth was affected by ice storm damage. Growth was reduced through 2001 in moderately and severely damaged trees, but trees appeared to rebound in 2002 and 2003. This agrees with the prediction by Lautenschlager et al. (2003) that growth in moderately damaged trees would recover in 4 years, but contradicts their contention that 8 years would be required for the severely damaged trees to do the same.

Daily air temperature extremes in moderately damaged blocks were about 1°C greater than in lightly damaged stands. Although a similar difference was apparent in severely damaged stands, it lacked statistical significance probably due, at least in part, to the loss of temperature data from 2 blocks because of temperature sensor failure. Similar damage-related diurnal temperature trends in most of the same blocks were previously reported (Parker 2003). Although these temperature differences are small, they could be an important factor in sap volume production that is driven by the temperature extremes above and below freezing during the sap run (Kim and Leech 1985).

Ice storm damage reduced sap sweetness and syrup production, but results varied with damage level. Sap sugar content was significantly lowered by moderate and severe crown damage, but syrup production was lower only in moderately damaged trees. In a review of ice storm effects on maple, Coons (1999) was unable to find literature documenting the effect of ice storms on sugar maple sap and syrup production. The ice storm of 1998, with its significant impact to the maple syrup industry in North America (Irland 1998), provided the impetus for this study in Ontario and that of Campbell *et al.* (2001) in New York state which, to our knowledge, are the first reports that ice storm-induced damage to sugar maple crowns reduces sap volume and sweetness and syrup production (Noland 2003) for up to 6 years (7 sap runs) after the damage event.

Lime and fertilizer treatments did not significantly affect sap volume, sap sweetness, syrup production, tap hole closure, or diameter growth of trees in the 15 tapped blocks used for this study. Using the entire 34 blocks of the ice storm plot network, the P and K treatments were found to enhance the recovery of sugar maple from crown damage by stimulating diameter growth (Lautenschlager et al. 2003, Timmer et al. 2003). Fertilizer treatments have been found to both slightly increase sap volume production and slightly lower sap sugar content in moderately stressed maple trees with the effect dependent upon the specific fertilizer mix used (Barry and Roy 1998). Another study reported increases of about 15% in sugar production in healthy sugar maple trees fertilized with K, Ca, and Mg compared to unfertilized trees (Wilmot and Perkins 2004). It is possible that fertilizer treatments could be used in the future to speed recovery of trees from crown damage, but fertilizer effects on recovery of syrup production capacity are uncertain. On the other hand, since sugar maple growth response to liming treatments is reported to be a long-term process requiring up to 7 years for significant growth effects (Long et al. 1997), it may be too early to detect the effects of liming treatment in our study.

In conclusion, ice storm-damaged sugar maple trees tended to produce sap with lower sugar concentrations and therefore reduce syrup production. The ice storm damage has proven to be significant for the longer-term since its effects have persisted for 7 sap runs (6 years). This suggests that as further stresses such as drought, heat, or additional crown damage are experienced by the moderate or severely damaged trees in the future, productivity and health of these trees will continue to be compromised.

Acknowledgements

Mr. Denzil Irving provided valuable field and laboratory technical assistance. Mr. Desmond Hickie, Ms. Maara Packalen, and Ms. Lesley Rich provided excellent technical assistance in the laboratory. The Eastern Ontario Model Forest along with Ice Storm Forest Research and Technology Transfer (ISFRATT) program coordinators Ms. Cathy Nielsen and Dr. R. A. Lautenschlager provided administrative support. Miller Consulting collected sap samples for volume and sugar. Finally, the interest and cooperation of maple sugar bush owners of eastern Ontario were critical to the project's success.

Funding to initiate this project was provided under the *Canada-Ontario Agreement for the Ice Storm Economic Recovery Assistance Program, Annex A, Assistance for the Agricultural Sector and Rural Communities in Eastern Ontario*. Funding for phase II was provided by the Canadian Climate Impacts and Adaptation Program.

References

Barry, R. and L. Roy. 1998. Effects of maple fertilization on sugar production (phase 4): Research report. Ecole de Sci. For., Univ. Moncton, Moncton, NB. Unpubl. Rep. 37 p.

Campbell, C.A., C. Winship and L.J. Staats. 2001. Cornell University continues ice storm recovery program to monitor sugar maple health and productivity. Maple Syrup Digest 13A(3): 12-15.

Chapeskie, D.J. 1999. Ice storm damage to sugar bushes in Ontario. Pp. 21-24 in New York Society of American Foresters Ice Storm Symp., USDA For. Serv., NE Area State Priv. For., Cortland, NY. Publ. NA-TP-03-01.

Chapeskie, D.J. and C.M. Nielsen. 1998. Interim guidelines for tapping and restoration of sugar maple bushes affected by the ice storm of January 1998. Ont. Min. Agric. Food Rur. Aff./Ont. Min. Nat. Resour. Kemptville, ON. Joint Int. Rep. 12 p.

Coons, C.F. 1999. Effects of ice storm damage and other stressors on sugar bush health and sap productivity: Literature review and synthesis. Ont. Min. Nat. Resour., East. Ont. Model For., Kemptville, ON. Ice Storm For. Res. Technol. Transf. Publ., 75 p.

Gregory, R.A. and P.M. Wargo. 1986. Timing of defoliation and its effect on bud development, starch reserves, and sap sugar concentration in maple. Can. J. For. Res. 16: 10-17.

Haissig, B.E. and R.E. Dickson. 1979. Starch measurement in plant tissue using enzymatic hydrolysis. Physiol. Planta. 47: 151-157.

Irland, L.C. 1998. Ice storm 1998 and the forest of the northeast: a preliminary assessment. J. For. 96(9): 32-40.

Kolb, T.E., L.H. McCormick, E.E. Simons and D.J. Jeffery. 1992. Impacts of pear thrips damage on root carbohydrate, sap and crown characteristics of sugar maples in a Pennsylvania sugarbush. For. Sci. 38(2): 381-392.

Kramer, P.J. and T.T. Kozlowski. 1979. Physiology of Woody Plants. Academic Press. New York, N.Y. 811 p.

Kim, Y.T. and R.H. Leech. 1985. Effects of climatic conditions on sap flow in sugar maple. For. Chron. 61(4): 303-307.

Lautenschlager, R.A. and C.M. Nielsen. 1999. Ontario's forest science efforts following the 1998 ice storm. For. Chron. 75(4): 633-641.

Lautenschlager, R.A., J.H. Pedlar, J.A. Winters and C.M. Nielsen. 2003. Ice storm damage: Effects of competition and fertilization on growth of sugar maple trees. For. Chron. 79(1): 63-69.

Lautenschlager, R.A. and J.A. Winters. 2001. Quantifying ice damage by counting branches on damaged sugar maple trees. For. Chron. 77(4): 637-642.

Long, R.P., S.B. Horsley and P.R. Lilja. 1997. Impact of forest liming on growth and crown vigour of sugar maple and associated hardwoods. Can. J. For. Res. 27: 1560-1573.

Meating, J., O. Van Dyke, A. Boyd, and K. Wright. 2000. Management of ice storm damaged woodlots and plantations. Ont. Min. Nat. Resour., South Cent. Sci. Sect., London, ON. SCSS Tech. Rep. #117. 96 p.

Milton, J. and A. Bourque. 1999. A climatological account of the January 1998 ice storm in Quebec. Environ. Can., Atmos. Sci. Environ. Issues Div., Hull, QC. Quebec Reg. Rep. CES-Q99-01. 87 p.

Noland, T.L., G.H. Mohammed and M. Scott. 1997. The dependence of root growth potential on light level, photosynthetic rate, and root starch content in jack pine seedlings. New For. 13: 105-119.

Noland, T.L. 2003. 1998 ice storm impact on sugar bushes of eastern Ontario. For. Chron. 79(1): 75-81.

Parker, W.C. 2003. Effects of ice damage and post-damage fertilization and competition control on near-ground microclimate. For. Chron. 79(1): 82-90.

Proulx, O.J. and D.F. Greene 2001. The relationship between ice thickness and northern hardwood tree damage during ice storms. Can. J. For. Res. 31(10): 1758-1767.

Renaud, J.P. and Y. Mauffette 1991. The relationships of crown dieback with carbohydrate content and growth of sugar maple (*Acer saccharum*). Can. J. For. Res. 21: 1111-1118.

Timmer, V., Y. Teng and J. Pedlar. 2003. Soil and plant analysis of fertilized sugar maple stands after ice storm damage. For. Chron. 79(1): 99-105.

Van Dyke, O. 1999. A literature review of ice storm impacts on forests in eastern North America. Ont. Min. Nat. Resour., South Cent. Sci. Sect., London, ON. SCSS Tech. Rep. # 112. 29 p.

Wilmot, T. and T. Perkins. 2004. Fertilizing a sugarbush. Proctor Maple Research Center, Underhill, Vt. Online Report. 9 p. http://www.uvm.edu/~pmrc/fertilization_brochure.pdf (Accessed June 2006)

Walters, R.S. 1982. Sugarbush management. Pp. 25-37 in Sugar Maple Research: Sap Production, Processing, and Marketing of Maple Syrup. USDA For. Serv., NE For. Exp. Sta., Gen. Tech. Rep. NE-72.

Wargo, P. 1979. Starch storage and radial growth in woody roots of sugar maple. Can. J. For. Res. 9: 49-56.

50618
(.3k P.R. 06 08 15)
ISSN 0381-2650

© 2006, Queen's Printer for Ontario
Printed in Ontario, Canada

This paper contains recycled materials

Cette publication hautement spécialisée *Ice storm and fertilization effects on root starch, sap productivity and sweetness, diameter growth, and tap hole closure in sugar maple stands of eastern Ontario* n'est disponible qu'en anglais en vertu du Règlement 411/97, qui en exempte l'application de la Loi sur les services en français. Pour obtenir de l'aide en français, veuillez communiquer avec le ministère de Richesses naturelles au information.ofr@ontario.ca